

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

ヌワラ・エリヤ市は、スリ・ランカ国の中央高地（標高 1,800m～2,000m）にあり、首都コロンボの東 180km に位置している。人口は 2000 年で約 37,000 人である。ヌワラ・エリヤ市における水道システムは、複数の表流水系、地下水系を水源とした小規模水道システムからなっているが、雨期には十分な表流水が確保されているものの、乾期には表流水系水源の取水可能性が大幅に減少し、供給量が著しく不足することが最大の問題点となっている。ヌワラ・エリヤは雨期と乾期が明確に分かれており、このような乾期の厳しい水不足が生じる。また、既存の配水システムでは、適正な処理あるいは消毒が行われずに配水されていることや、供給規模が不十分なため、住民が水道以外の河川水、ため池水、貯水池水等の衛生的ではない代替水源に頼らざるを得ない状況にあることが問題となっている。

これに対して、スリ・ランカ国政府は WHO が 1981 年から 1990 年まで実施していた「水と衛生の 10 年」（目標は全ての人が 1990 年までに安全な水にアクセスできる）に即した目標「すべての国民に安全な水を」を掲げており、2010 年までに上下水道セクターの目標を達成するための年間投資額を 80 億スリ・ランカルピー（以下 Rs.）と見積っている。水需要は都市化と経済成長により急激に増加し、政府は中期政策及び実行計画（Public Investment Programme, PIP）を打ち出し、目標達成に向け努力を続けているところである。

このような状況のもとスリ・ランカ政府は 1997 年 2 月に我が国に対して大キャンディ圏およびヌワラ・エリヤにおける上水道・下水・衛生処理施設に係る調査を要請し、これを受けて、国際協力事業団は 1997 年 4 月にプロジェクト形成調査を実施した。本格社会開発調査「大キャンディ圏・ヌワラ・エリヤ上下水道整備計画調査」により、1998 年から 1999 年 1 月まで当該地域のマスタープラン・フィージビリティ調査が実施された。

スリ・ランカ国政府はこのフィージビリティ調査の結果に基づき、1999 年 6 月我が国に対して、フィージビリティ調査の対象であったフェーズ 1 プロジェクトの実施を無償資金協力プロジェクトとして要請した。この要請は社会開発調査フェーズ 1 プロジェクトのスコープに沿ったもので、上水道ならびに下水道のコンポーネントを含むものであったが、本基本設計調査はこの要請のうち、上水道部分のスコープについてのみ実施する方針とした。

本プロジェクトは、ヌワラ・エリヤ市において、新たに地下水源を開発することによって、

乾期においても安定給水を実現するための水源を確保するとともに、送配水管網を整備し、給水ブロック化することによって、今後の運転維持管理を容易にし、かつ、無収水削減を効率良く行えるような施設整備を行うことを目標とする。

### 3-1-2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは上記目標を達成するためにヌワラ・エリヤにおいて、

- 新規地下水源開発を行うとともに、
- 送・配水管路を整備し、給水ブロック化を確立し、
- 給水ブロック毎の水量把握が出来るように、計量設備を整備する

ものである。これにより、乾期における断水等の不安定給水の状況が改善され、年間を通して24時間給水が可能となる。同時に断水が無くなることにより、常に水道管路は被圧の状態となり、汚水の水道管への浸入も減少する。また、給水ブロックが明確となることにより、給水ブロック毎の水量把握を行い、効率的な無収水削減計画を策定することが可能となることが期待される。

また、中央高地部における乾期の水不足は著しく、かつ、これまでの地下水開発が必ずしも成功していないことから、本プロジェクトにより新たな地下水が開発され、水道システムが改善されれば、同様の問題をかかえる地域に対して、技術的な波及効果が期待される。

この中において、協力対象事業は、

- 地下水揚水井戸（水源井戸群）
- 送水管路
- 配水管路
- 配水池

を建設し、現在故障している給水栓水道メータおよびメーター精度検定のためのメーターテストベンチを調達するものである。

なお、ヌワラ・エリヤにおける無収率は56%と高いが、本プロジェクトで布設する送配水管は原則として計画される施設にともなう基幹管路のみを対象とする。

### 3-2 協力対象事業の基本設計

#### 3-2-1 設計方針

##### 3-2-1-1 水道システムの現況ならびにスリ・ランカ国からの要請内容

ヌワラ・エリヤ市の水道システムはその水源を 9 箇所の表流水源に頼っている。これら表流水質は一般に清澄であり、消毒処理を行うのみで市民に給水されている。配水は、山地中腹に建設された取水堰から配水池を経由して自然流下方式で行われているが、一部遠隔地や高地向け配水については増圧ポンプが用いられている。雨期に一時的に濁度が上昇する場合もあるが、この場合は圧力ろ過器によりろ過した後配水している。2000 年における給水人口は約 28,500 人であり、普及率は 77%となっている。

ヌワラ・エリヤ市水道システムが抱えている最大の問題点は、乾期における表流水源の水量不足である。乾期は一般的に 1 月から 5 月の 5 ヶ月間であるが、この時期表流水源の取水可能量は雨期の約 30%まで、渇水年では 10%までも減少してしまう。また、乾期は観光シーズンでもあり、スリ・ランカにおける避暑地として有名な同市には、観光客が集中して水不足は一層深刻な状況となる。乾期の水不足を補うために地下水も一部利用されているが、不足分を補うには程遠い状況である。社会開発調査における 2000 年、2005 年及び 2015 年の需要量と乾期の水源量を比較すると、表-3.1 に示す通りである。

表-3.1 需要と水源水量バランス(m<sup>3</sup>/日)

	水源水量		2000 年		2005 年		2015 年	
	雨期	乾期	需要量	乾期の不足量	需要量	乾期の不足量	需要量	乾期の不足量
表流水源水量	18,000	3,345	9,800	5,555	10,200	5,955	10,700	6,455
地下水源水量	-	900						
合計	18,000	4,245						

さらに、配水システムの問題としては、複数の水源からの送水システムと配水システムが複雑に錯綜しており、送配水管理が困難であることが問題となっている。その結果配水量については殆んど把握されていない状況であり、配水量と実際の水使用量が比較検討できないために無収水量についても、推定が困難な状況である。また、既存の表流水源である Old Water Field 並びに Pedro には配水池がなく、変動する水需要に対応できない状況となっている。

これら現状の問題点を解決するために、社会開発調査フィージビリティースタディーで対象となったフェーズ 1 プロジェクトについて、スリ・ランカ国政府は 1999 年 6 月に我が国に

無償資金プロジェクトの要請を行った。

要請内容は下記の通りである。

- 地下水源開発及び井戸（ポンプ含む）建設（数量 7 本）
- 地下水送水管(6,260m)敷設
- 表流水送水管(6,900m)敷設
- 配水管(10,911m)敷設
- 配水池建設(6 池)
- 流量計供与（7 セット）

### 3-2-1-2 水道施設設計基本方針

本プロジェクトにおける水道施設の設計に当たっての基本方針は以下の通りとする。

- ・ 先に行われた社会開発調査の結果を基本とし、その妥当性の検証を行う。
- ・ 飲用可能な水質を確保し給水する。
- ・ 水道施設整備は 2005 年を目標年度とする。但し、送水管路、配水池、配水管路（幹線）については、2015 年を目標として設計を行う。
- ・ 地下水揚水や送・配水に要する電力料等運転コストを抑制するため、自然流下による送・配水を最大限に利用する。
- ・ 乾期において不足する表流水源を補うために地下水を開発する。
- ・ 乾期においても 1 日 24 時間給水とする。
- ・ 配水施設は、需要者が適切な配水圧で十分な水量を得られるよう配水管路整備および給水ブロック化整備を行う。
- ・ 運転維持管理が容易になるようできるだけシンプルな施設を目指した設計を行う。

送・配水施設については、社会開発調査と同様に以下の条件で設計をおこなう。

- 管路計画に用いる流量公式：ヘーゼン・ウィリアムス公式  
ただし、C 値 = 120 (DCIP、CI)、130 (PVC)
- 最大流速 2.0m/秒
- 送水施設設計水量：一日最大給水量（一日平均給水量 × 1.2）
- 配水施設設計水量：時間最大給水量（一日平均給水量 × 2.0）
- 配水管最小動水頭：10m（時間最大給水量時）
- 配水池の有効容量：1 日最大給水量の 6 時間分以上

### 3-2-1-3 人口、普及率、給水人口

社会開発調査におけるヌワラ・エリヤ市の将来人口および給水人口の予測は表-3.2 の通りである。

表-3.2 社会開発調査における将来人口、給水普及率、給水人口予測

	1997	1998	1999	2000	2005	2010	2015	2020
市総人口(人)	34,235	NA	NA	37,083	41,447	45,425	49,178	53,240
普及率(%)	73%	NA	NA	77%	82%	86%	90%	94%
給水人口(人)	24,992	NA	NA	28,554	33,987	39,066	44,260	50,046

社会開発調査以降、現地では人口の把握がなされておらず、最新の人口データは入手できなかった。しかし、2000年9月時点での給水栓数は4,335であり、これから求められる給水人口は約28,200人となる。よって、社会開発調査で予測されていた2000年における給水人口とほぼ同じであることが分かる。

社会開発調査では、ヌワラ・エリヤ市の将来人口予測にUDA(Urban Development Authority, 都市開発庁)によって設定された人口増加率を用いている。その人口増加率は表-3.3に示す通りである。

表-3.3 社会開発調査における人口増加率

	1997	2000	2005	2010	2015	2020
人口増加率(%/年)	2.7	2.7	2.25	1.85	1.6	1.6

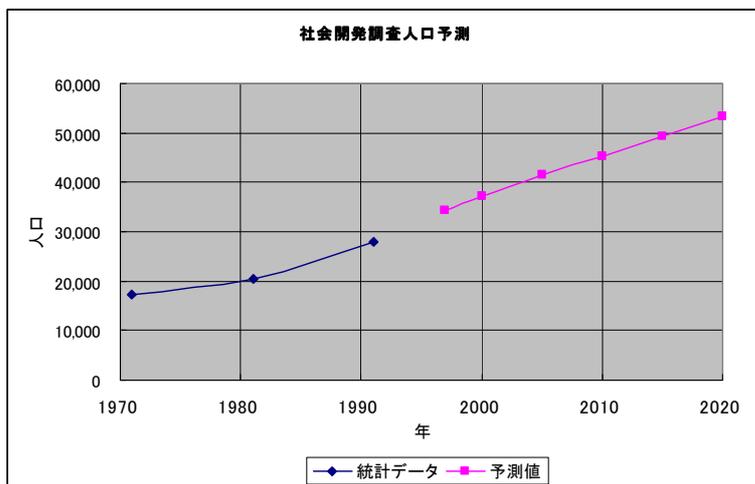
過去の人口動向を 1881 年の人口統計データから見てみると、**図-3.1** の通りとなっている。1970 年代から人口は近代化と共に、急激に増加していることがわかる。

図-3.1



このような近代の人口増加傾向と社会開発調査で予測された将来人口予測（1997 年から 2020 年まで）を**図-3.2** に示す。1970 年代からの人口増加傾向を維持する予測となっているが、人口増加率はヌワラ・エリヤ市域の面積上の制約もあり、斬減していく予測となっており、妥当な予測となっていると思われる。

図-3.2



ヌワラ・エリヤ市の総人口に関するデータが得られ

ないために、これら増加率を定量的に検証することは不可能であるが、

- 社会開発調査が完了したのは、1999 年 2 月であり時間的にそれほど経過していないこと
- ニワラ・エリヤで人口の急激な変化を招くような大型プロジェクト等が実施されていないこと
- 上述したように、給水人口については、社会開発調査で予測された給水人口とほぼ一致していること

等から、将来人口について、社会開発調査で計画された数値を本基本設計でも用いることは妥当であると考えられる。

また、社会開発調査では 2005 年において、給水普及率については 82%、給水人口を 33,987

人と推定しており、これから計算される給水栓数は約 5,300 栓である。2000 年における給水栓数が、4,335 栓であるので、2005 年までに約 1,000 栓の増加ということになる。年間 200 栓、一日当たり約 1 栓の敷設はヌワラ・エリヤ市水道局にとって、問題の無い数量であり、目標給水普及率についても妥当なレベルと判断される。

したがって、現状である 2000 年及び、計画値である 2005 年、2015 年の人口、給水普及率、給水人口は表-3.4 の通りである。

表-3.4 2000 年 2005 年及び 2015 年における、人口、給水普及率、給水人口

	2000 年 (現状)	2005 年	2015 年
人口 (人)	37,083	41,447	49,178
給水普及率 (%)	77%	82%	90%
給水人口 (人)	28,554	33,987	44,260

#### 3-2-1-4 給水原単位

社会開発調査では、1994 年、1995 年、1997 年の 3 年間の給水実績を考慮している。1994 年は平均的な年、1995 年は雨量が多かった年、1997 年は渇水年であり、雨量が多く比較的需要量を満たすことが出来たと考えられる 1995 年の使用水量をベースに給水原単位を計算している。当時 70%の給水栓が計量されていたことから、平均給水原単位の数値は信頼できるとしている。

1995 年の総給水量 : 1,405,797 m<sup>3</sup>/year  
 1995 年の給水栓数 : 3,936 栓  
 水量 (1栓・日): 978 l/栓・日  
 栓あたり人数 : 6.5 人  
 給水原単位 : 151 lpcd

このように、給水原単位は社会開発調査では 151 lpcd (家庭用及び非家庭用の平均)と予測された。本調査では、1997 年から 1999 年までの過去 3 年間の給水量実績を入手した。これから、給水原単位を計算すると表-3.5 の最下欄の通り、133~157 lpcd で推移しており、社会開発調査で予測された 151 lpcd がほぼ妥当なレベルであることが分かる。

表-3.5 過去3年間の給水実績

	1997	1998	1999
総給水量 (m <sup>3</sup> /年)	1,282,736	1,550,969	1,468,786
給水栓数	4,065	4,177	4,279
給水栓当たり水使用量 (l/日/栓)	865	1,017	940
家庭構成人数 (人)	6.5	6.5	6.5
給水原単位 (lpcd)	133	157	145

本プロジェクトの目標年度が2005年であり現在から遠い将来ではないこと、151 lpcd という水量が開発途上国においては低いレベルでないこと等から、目標年度までの給水原単位の増加は見込まないこととする。よって、本基本設計では、一人当たり給水原単位を社会開発調査通り、151 lpcd とする。

### 3-2-1-5 無収水量

無収水量については、社会開発調査では、表-3.6の通り計画されていた。

表-3.6 社会開発調査における無収率

	1997	2000	2005	2010	2015
無収率 (%)	56	56	40	33	25

本プロジェクトは一部の漏水多発管路の敷設替えを行うが、上表の無収率を達成するために、大規模な送配水管の敷設替えを行うものではない。しかし、本プロジェクトの実施後は、給水ブロックが明確になり、各給水ブロックの計量設備が整備される。これによって、各給水ブロックにおける配水水量及び使用水量の比較が可能になり、無収水量を給水ブロック毎に把握できる環境が整備される。この結果、各給水ブロックの無収水量の大小により、無収水削減を集中して行わなければならないプライオリティー付けができるようになり、これまでより格段に効率的な無収水削減の対策を実施することが可能となる。優先順位の高い(無収率の高い)給水ブロックにおいて、集中的に給水栓における漏水、不良メータの取り替え、地上漏水の補修等を行うことにより、社会開発調査で設定されている無収率の減少計画の達成はより実現可能となり、2005年における40%の達成は非現実的な目標ではないと判断される。

### 3-2-1-6 日平均水需要

日平均水需要は上述した、将来給水人口、給水原単位、無収率から表-3.7の通り求めることができる。将来給水人口、給水原単位、無収率が社会開発調査で計画された数値と同様であるので、この日平均水需要も社会開発調査と同様の値となっている。

表-3.7 2005年及び2015年における日平均水需要

	2005年	2015年
給水人口 (人)	33,987	44,260
給水原単位 (lpcd)	151	151
水需要 (m <sup>3</sup> /日)	5,132	6,683
無収率 (%)	40	25
日平均水需要 (m <sup>3</sup> /日)	8,506	8,919

### 3-2-1-7 ピークファクタ(日最大/日平均)

求められた日平均水需要から、施設計画の基本となる日最大水需要を計算するために、ピークファクタを設定する必要がある。ピークファクタは年間の需要変動を吸収するための施設計画を行うためのものであり、本調査では過去3年間(1997年~1999年)の月別水使用量から、ピークファクタを計算した。過去3年間の月別の使用量変動は表-3.8に示す通りである。

表-3.8 過去3年間(1997年~1999年)の月別水使用量変動

月	3年間平均水使用量 (m <sup>3</sup> /月)	月別変動 (平均を1.0とした)
Jan.	132,470	1.11
Feb	111,368	0.93
Mar	107,384	0.90
Apr	97,591	0.82
May	117,722	0.99
Jun	123,194	1.03
Jul	129,228	1.08
Aug	122,312	1.02
Sep	129,491	1.08
Oct	117,568	0.98
Nov	115,264	0.96
Dec	130,573	1.09

上表から、最大の月別変動として、約1.1という値が得られる。社会開発調査時点でもほぼ

同様の値が得られている。上表の水量には一部観光客による水使用量も含まれてはいるが、観光シーズン（1月～5月）は乾期であり、観光客による水需要はあるものの最も水不足の深刻な時期であるために、観光客の本来の水需要を正確に表していない。よって、社会開発調査では、観光客による水使用量を日平均水需要の約10%と予測し、ピークファクタを10%を上乗せして、1.2としている。社会開発調査以降、急激な観光開発（ホテルの建築、観光客の交通手段の改善等）は行われておらず、観光水需要の大きな増加要因は認められない。ヌワラ・エリヤ地域における観光客数の正確なデータは存在しないが、10%は少なめに見積もった数値であり、緊急的な施設改善として妥当であると判断する。よって、日最大水需要に対する日平均のピークファクタは社会開発調査通り、1.2とする。

### 3-2-1-8 日最大水需要

上述した、日平均水需要及びピークファクタから日最大水需要が表-3.9の通り計算できる。

表-3.9 2005年及び2015年における日最大水需要

	2005年	2015年
日平均水需要 (m <sup>3</sup> /日)	8,506	8,919
ピークファクタ	1.2	1.2
日最大水需要 (m <sup>3</sup> /日)	10,200	10,700

上表の日最大水需要も計算条件が社会開発調査時点から変化がないので、社会開発調査時の数値と同様である。

### 3-2-1-9 新規水源開発

#### (1) 新規水源開発必要量

社会開発調査では、フェーズ2（2015年）の必要水量及びフェーズ1（2005年）の必要水量に大きな差がないために、フェーズ1でフェーズ2の必要水量までカバーする水源開発を行う計画となっていたが、本基本設計調査では、無償資金プロジェクトとして、緊急的なニーズをカバーするために、目標年度である2005年における必要水量について、水源開発を行うことを目標とする。

表-3.10 2005年(フェーズ1)における必要開発水量

項目	2005年水量 (m <sup>3</sup> /日)
(a) 一日平均需要水量	8,506
(b) 一日最大需要水量 (a x 1.2)	10,200
(c) 既存水源乾期取水可能水量	4,245
(d) 必要開発水量 (b-c)	5,955

必要開発水量は、表-3.10 に示す通り 2005 年で 5,955m<sup>3</sup>/日であるが、実際は各水源の取水可能量およびその水源が受け持つ給水ブロックの日最大水需要とのバランスによって最終的に決定される。このバランスを下表に示す。

表-3.11 給水ブロック別に見た開発必要量(m<sup>3</sup>/日)

給水ブロック	乾期における 2000年水源量	2005年水需要	水源不足量
High Area 1-1	255	175	-
High Area 1-2	1,061	864	-
High Area 1-3	702	646	-
High Area 2	600	561	-
Low Area 1	1,327	5,978	-4,651
Low Area 2	0	1,744	-1,744
Bonavista	300	232	-
合計	4,245	10,200	-6,395

よって、2005年における必要水源開発水量は約 6,500m<sup>3</sup>/日となる。

この必要水源開発水量はこれまで述べたように、現状の無収率 56%が徐々に 2005 年までに 40%まで改善されることを前提としている。一般的に無収率の削減には長期間を要するが、この無収率が目標の 40%よりも急激に改善されるとすれば、必要水源開発水量はさらに少なくすることが可能である。しかし、現状のヌワラ・エリヤ市水道システムでは計量設備が整備されておらず、高い無収率が何に起因しているのか不明であり、効率的な無収率削減対策を実施することは現時点では困難である。よって本プロジェクトでは計量設備を整備し、かつ、給水ブロック化を進めて無収率の高い地域あるいはその原因を突き止められる体制・環境を整備することとし、上述の約 6,500m<sup>3</sup>/日の新規水源開発を行うものとする。

## (2) 新規開発水源

ヌワラ・エリヤにおける新規開発水源としては、社会開発調査において、表流水源（ジャヤランカ川、バンバラケレ川）および地下水の開発が検討された。乾期には河川流量が減少するために、乾期に十分な取水を実現するためには、ダム建設を行い原水貯留を行う方法がある。しかし、ダム建設には環境問題や住民移転問題が発生するほか、社会開発調査で水源1m<sup>3</sup>当たりの開発費用を比較した結果、表流水系では約44ルピー～約75ルピー必要となるのに比べて、地下水開発は約18ルピーであることが判明し、総合的に判断して地下水開発がもっとも適切であると結論付けている。

本基本設計調査においては、物理探査、地質調査ボーリング、地下水涵養量の検討を行った上で、地下水開発が可能であることを確認し、上記必要水源量を地下水開発によって確保するものとした。

なお、原則として雨期には表流水のみを利用するものとし、本計画で開発する井戸を含む地下水は水不足の著しい乾期のみを利用するものである。

### 3-2-1-10 配水水質

NWSDBの基準で配水水質基準は、WHOガイドラインを満足することが基準となっているので、これを遵守するべく、直接飲用可能な給水水質を維持することを目標とし、施設計画を行う。本基本設計調査で実施された水質分析結果は3-2-2-2で示す通りであり、原水水質は良好であり、消毒処理を行った後そのまま配水が可能であることが判明した。

### 3-2-1-11 送配水システム

既存の送配水システムは複数の水源と配水池、各配水池からの配水管路が錯綜しており、水量管理、水圧管理を行う上で非常に困難なシステムとなっている。本プロジェクトでは、水源 - 配水池 - 給水ブロックという関連を整理し、よりシンプルなシステム形成を目指すこととする。具体的には、雨期と乾期で水源が変化する（表流水から地下水へ）地域もあるが、給水拠点となる配水池と、その配水池が受け持つ給水ブロックとの関係は不変とし、年間を通して配水池から配水される水量、それに対応する給水ブロック内での使用水量がモニタリングできるシステムとする。これによって適切な水量管理を行う。

また、給水ブロック化においては、地域条件（標高等）を十分考慮に入れて、単一給水ブロック内での水圧分布をできるだけ一様となるような、境界設定を行う。これによって、水圧管理も適切に行えるようになる。

各給水ブロックの給水拠点となる配水池は、本基本設計調査で需要量からその規模を決定し、新設配水池 4 箇所、既存配水池の増設 2 箇所の計 6 池が建設される。これにより年間を通して 24 時間の安定給水が実現される。

社会開発調査では、一部の幹線管路が送水にも、配水にも兼用される計画となっていたが、既存管路を有効に活用して、管路についても送水系並びに配水系を明確に区分する。

送配水方法は基本的に自然流下とするが、一部高地向けの送配水においては、加圧ポンプが必要となる。この場合も 1 次側（上流側）の残存水頭を有効に活用するため、ポンプ直結方式を採用する。

### 3-2-1-12 メータ及びメータテストベンチの供与

現在水道メータ全体の約 18%にあたる 800 個のメータが故障しているので、その取替えのために、水道メータを供与する。メータは一般的に普及している現地産のメータを調達するものとする。また、メータの精度を確認・調整する設備が無いために、メータの検定はまったく行われていないので、メータテストベンチを供与することとする。これにより、水使用量の把握が正確に行われるようになり、無収水削減に資する施設整備が達成される。なお、不良メータの取り替えは、ヌワラ・エリヤ市水道局によって行われるものとする。メーターテストベンチの使用については、現地水道局職員は経験がないので、トレーニングが必要である。トレーニング方法として、コロンボ水道局には既に、メーターテストベンチが設置されているので、ヌワラ・エリヤの水道局職員がコロンボ水道局に出向きトレーニングを受けることが可能である。

### 3-2-2 基本計画（施設計画 / 機材計画）

#### 3-2-2-1 全体計画

システム全体図を図-3.3 に、乾期と雨期におけるシステム概念図を図-3.4 及び図-3.5 に示す。また、要請内容と本計画との比較を表-3.12 にまとめる。

前節に述べた設計方針に従って計画された本プロジェクトの主なスコープは下記の通りである。

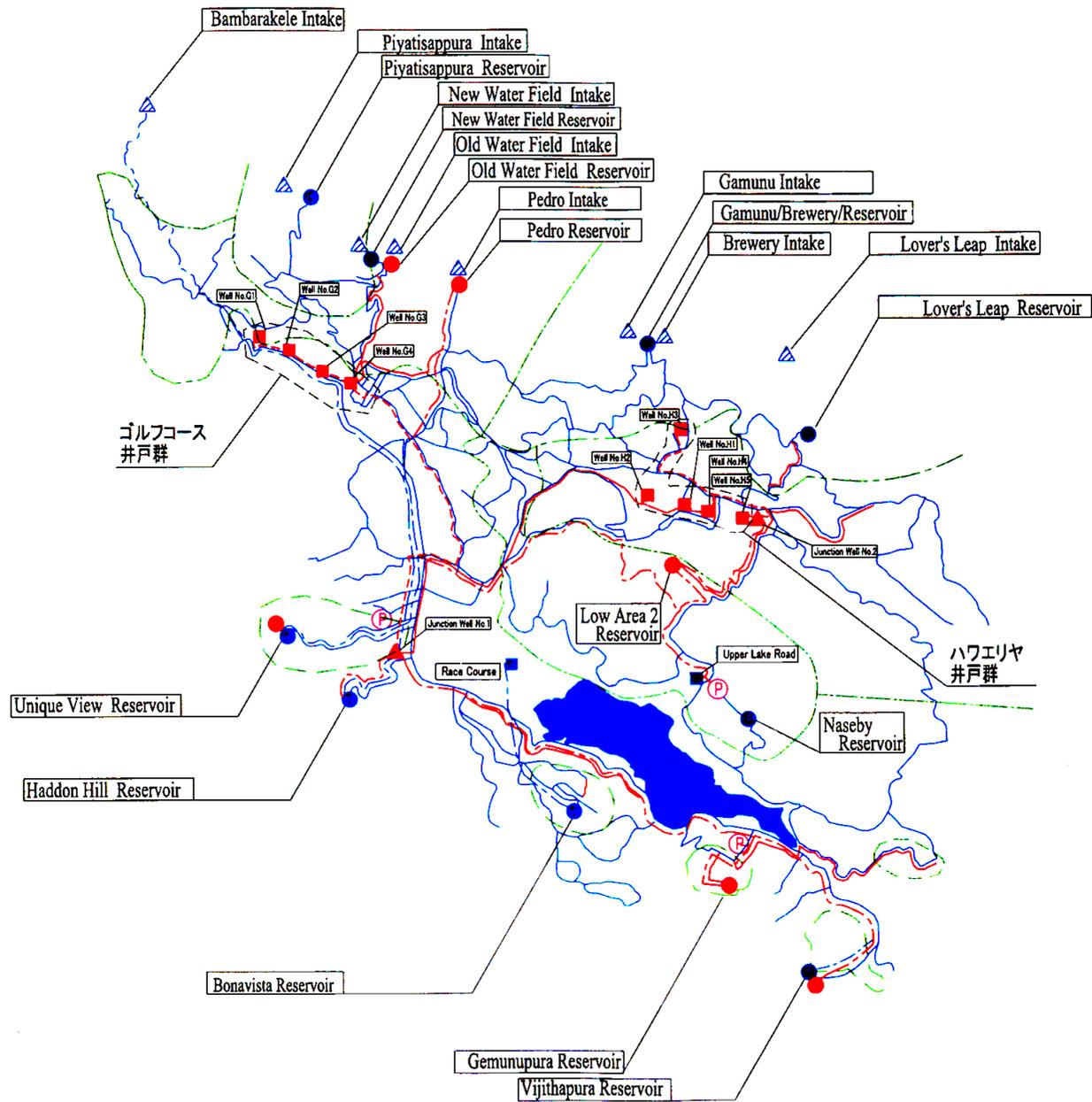
1. 乾期における水源不足を解消するために地下水開発を行う。開発水量はハワエリアにおいて 4,000m<sup>3</sup>/日（@800m<sup>3</sup>/日 × 井戸 5 本建設）及び、ゴルフコースにおいて 3,200m<sup>3</sup>/日（@800m<sup>3</sup>/日 × 井戸 4 本建設）
2. 給水区域をブロック化し、水量管理、水圧管理が可能となるよう、システム整備を行う。給水ブロック境界には、境界バルブ（25 箇所、径 50mm ~ 225mm）を設置する。
3. 給水ブロック化の実現ならびに、送水系、配水系を明確にするために、送配水管路の整備を行う。送水管路敷設延長は約 10.0 km（管径 75mm ~ 300mm）、配水管路敷設延長は約 7.2km（管径 75mm ~ 250mm）である。さらに、地下水系送水管として、7.1 km（管径 160 ~ 250mm）を敷設する。
4. 常時安定給水を行うために下記の通り 6 箇所の配水池を建設する。全ての配水池には次亜塩素酸カルシウムを用いた消毒設備並びに計量設備を設ける。

配水池	容量 (m <sup>3</sup> )	備考
Old Water Field	110	新設
Pedro	130	新設
Unique View	190	増設
Vijithapura	110	増設
Low Area 2	460	新設
Gemunupura	40	新設

5. 無収水削減のために既存の不良メータ 800 個の取り替え用メータ、ならびにメータの精度を確認・調整のためのメータテストベンチ 1 基を供与する。

表-3.12 に示すように、要請内容と本基本計画調査結果のスコープで違いがあるが、本基本計画調査において要請内容のスコープを見直した主な項目およびその考え方・経緯は次の通りである。

- ・ 物理探査及び地質調査ボーリングの結果を踏まえて、地下水開発地域や建設井戸本数を変更した。
- ・ ヌワラ・エリヤ市長から、社会開発調査で給水区域に含まれていなかった、ガムヌプラ地域（世帯数50軒程度）を給水区域に含めて欲しいという強力な要請があった。この件について現地調査の際に検討を行った結果、小規模配水池を追加することで十分対応可能であり、この小規模配水池を追加することにより、当初計画されていた近隣の配水池（Vijithapura）の容量を縮小できることから、この地域を含めて計画を策定することとした。
- ・ 地下水開発予定地の変更、送・配水管路を明確に分離するために必要な送水管布設、Gemunupura 地区の給水地区への取り込み、管路布設工事や維持管理を考慮したルート変更等により、導水・送水管路の口径及び延長を変更した。また、送水システム見直し及び Gemunupura 配水池の新設等により増圧ポンプ施設を変更した。
- ・ 給水ブロックの見直し、送・配水分離による配水管網の変更、Gemunupura 地区の給水地区への取り込み、管路布設工事や維持管理を考慮したルート変更等により、配水管路の口径及び延長を変更した。
- ・ 給水ブロックの見直し、送・配水分離、Gemunupura 配水池新設等により各配水池の役割を見直す必要が生じたため、配水池容量を変更した。
- ・ 流量計の設置に関しては、既存施設の現況、配水量見直し等により、個所数と口径を変更した。



- 凡例
- 新設地下水送水管
  - 既設送水管
  - 新設送水管
  - 既設配水管
  - 新設配水管
  - 給水ブロック界
  - ▲ 取水場
  - 既設配水池
  - 新設配水池
  - 既設井戸
  - 新設井戸
  - ▲ 新設接合井



図-3.3 システム全体図

図-3.4 乾期における取水・導水・送水・配水システム

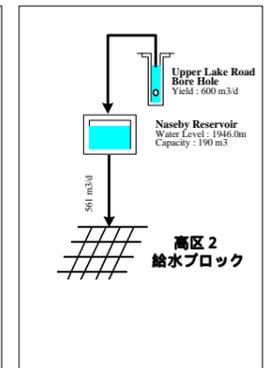
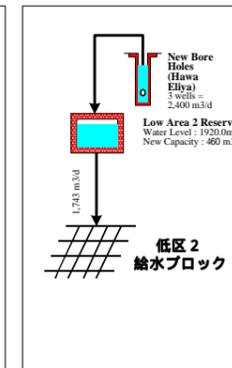
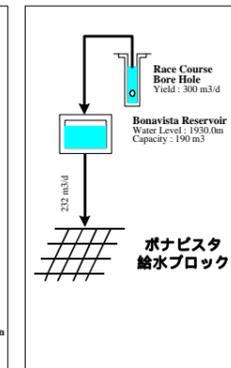
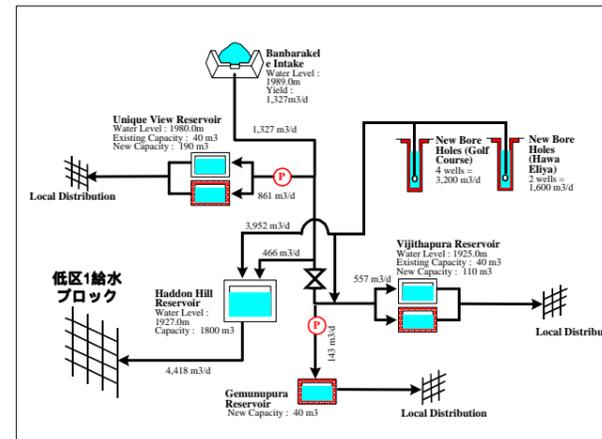
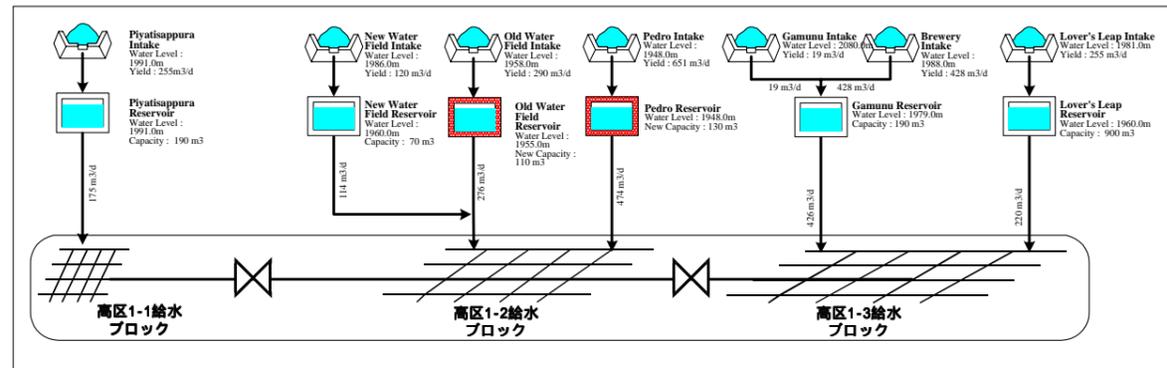
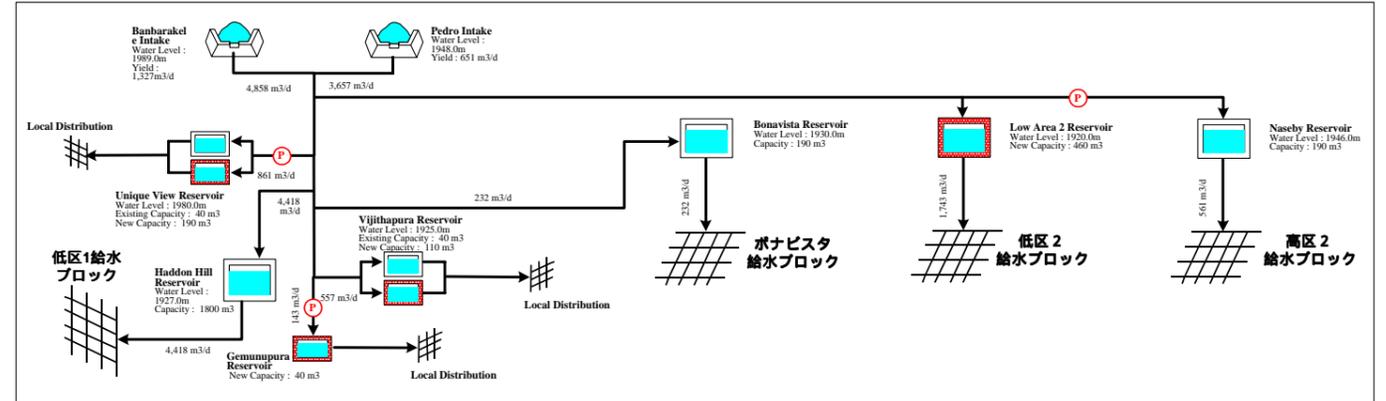
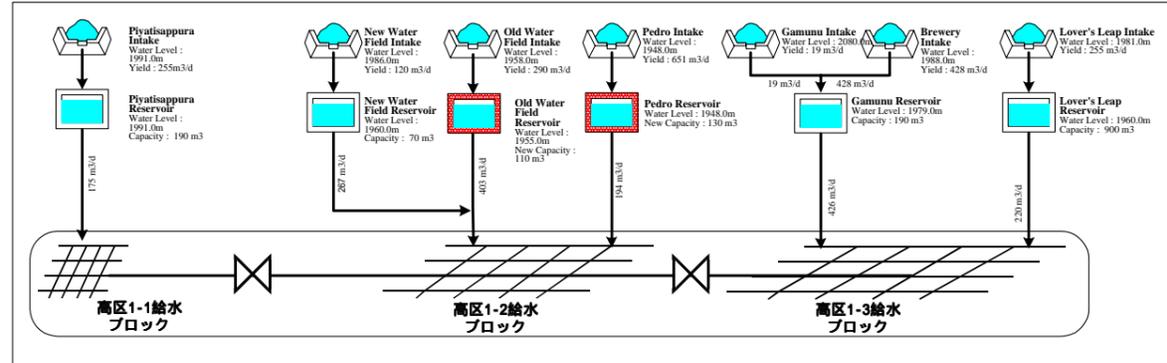


図-3.5 雨期における取水・導水・送水・配水システム



- : 取水施設
- : 既存配水池
- : 既存井戸
- : 計画配水池
- : 計画井戸
- : 送水増圧ポンプ

表-3.12 本計画と要請内容との比較

施設	項目	仕様	単位	数量		
				要請内容	基本設計結果	
井戸及びポンプ	井戸	For Low Area 1 (Race Course System) ゴルフコース4本 ハウエリヤ2本	箇所	150m x 5		
			箇所	-	100m x 4	
		For Low Area 2 (Hawa Eliya System) ハウエリヤ3本	箇所		100m x 1	
			箇所		60m x 1	
			箇所	150m x 2	100m x 1	
			箇所	-	80m x 1	
	井戸ポンプ	For Low Area 1 (Race Course System) ハウエリヤ2本 ゴルフコース4本	式	1,000m <sup>3</sup> /dx 58m x 5	800m <sup>3</sup> /d x 55m x 1	
			式	-	800m <sup>3</sup> /d x 50m x 1	
			式	-	800m <sup>3</sup> /d x 30m x 4	
	電気設備	For Low Area 2 (Hawa Eliya System) ハウエリヤ3本	式	1,000m <sup>3</sup> /dx 58m x 2	800m <sup>3</sup> /d x 30m x 3	
セット			7	6		
井戸棟		箇所	10m <sup>2</sup> x 7	10m <sup>2</sup> x 6		
送水管 (地下水:井戸 ~接合井)	送水管	DCIP φ 250 mm	m	-	2,299	
		PVC φ 225 mm	m	-	3,134	
		PVC φ 160 mm	m	1,240	1,688	
		Total	m	1,240	7,121	
	接合井		m <sup>3</sup>	-	30 m <sup>3</sup> x 2	
	送水ポンプ	To Haddon Hill	-	5,000 m <sup>3</sup> /d x 68 m	3,925 m <sup>3</sup> /d x 60 m	
		To Gemunupura/Vijithapura	-	-	700 m <sup>3</sup> /d x 75 m	
		To Low Area 2	-	1,900 m <sup>3</sup> /d x 63 m	1,743 m <sup>3</sup> /d x 80 m	
	電気設備		セット	2	2	
	送水ポンプ場	For Low Area 1 (Race Course)	箇所	25m <sup>2</sup> x 1	36 m <sup>2</sup> x 1	
For Low Area 2 (Hawa Eliya)		箇所	25m <sup>2</sup> x 1	60 m <sup>2</sup> x 1		
送水施設	送水管	DCIP φ 300 mm	m	4,320	983	
		DCIP φ 250 mm	m	3,545	2,175	
		PVC φ 225 mm	m	700	4,252	
		PVC φ 160 mm	m	-	1,115	
		PVC φ 110 mm	m	2,867	963	
		PVC φ 75 mm	m	-	468	
	Total	m	11,432	9,956		
	増圧ポンプ	Naseby	-	600 m <sup>3</sup> /d x 25m	561 m <sup>3</sup> /d x 25 m	
		Vijithapura	-	690 m <sup>3</sup> /d x 25m	-	
		Unique View	-	920 m <sup>3</sup> /d x 85m	861 m <sup>3</sup> /d x 75 m	
		Gemunupura	-	-	143 m <sup>3</sup> /d x 25 m	
	増圧ポンプ場		箇所	4m <sup>2</sup> x 3	13 m <sup>2</sup> x 2	
	電気設備		セット	3	2	
	配水施設	配水池	Old water field	m <sup>3</sup>	100	110
			Pedro	m <sup>3</sup>	220	130
Unique View			m <sup>3</sup>	200	190	
Vijithapura			m <sup>3</sup>	140	110	
Low area 2			m <sup>3</sup>	470	460	
Gemunupura			m <sup>3</sup>	-	40	
Total			m <sup>3</sup>	1,130	1,040	
塩素消毒設備			セット	3	6	
塩素消毒棟			箇所	10m <sup>2</sup> x 3	12m <sup>2</sup> x 6	
流量計			箇所	10 (dia300-75)	9 (dia250-50)	
配水管		DCIP φ 300 mm	m	2,069	-	
		DCIP φ 250 mm	m	-	939	
		DCIP φ 100 mm	m	-	100	
		PVC φ 225 mm	m	1,760	455	
		PVC φ 160 mm	m	1,828	1,686	
		PVC φ 110 mm	m	1,839	1,396	
		PVC φ 75 mm	m	1,460	2,600	
	Total	m	8,956	7,176		
その他	境界バルブ設置	φ 50mm~φ 225mm	箇所	-	25	
	水道メーター	故障メーター取り替え用	個	-	800	
	メーターテストベンチ	メーター精度チェック用	基	-	1	
	既存バルブ改修	φ 100mm~φ 300mm	箇所	-	11	

### 3-2-2-2 施設計画

#### (1) 地下水源開発

##### 1) 自然条件

調査対象地域はスリ・ランカ中央部の山岳地帯に位置し、東西約 7km、南北約 6km 程の広がりをもつ盆地となっている。地質は片麻岩を主体とする変成岩類から成り、北西 - 南東方向の軸をもつ背斜構造を形成している。背斜軸にほぼ平行に 2 本の横ずれ断層が走行しており、断層沿いに渓谷が形成されている。これらの渓谷は、南西側が Nanu Oya 川上流域（流域面積 15.71km<sup>2</sup>、Gregory 湖を含む）、北東側が Barrack Plain Reservoir 流域（流域面積 7.19 km<sup>2</sup>、Hawa Eliya 地域 5.51km<sup>2</sup>を含む）と呼ばれているが、本件では Nanu Oya 川上流域を 2 分し、Gregory 湖を除く上流部を改めて Nanu Oya 川上流域（流域面積 12.23km<sup>2</sup>）と呼び、下流部を Gregory 湖周辺域（流域面積 3.48km<sup>2</sup>）と呼び区別することとする。これらの流域の概観を下図に示す。



1995年-2000年の5年間の年平均降水量は Nanu Oya 川上流地域で 2,247.2mm、Hawa Eliya 地域で 2,050.9mm となっている。主な土地利用形態である森林および茶畑の年平均蒸発散量はそれぞれ 584.3mm、600.9mm と推定された。一方、年平均流出量はそれぞれ 1,112.1mm、1,014.4mm と推定されているので、年平均地下水涵養量は Nanu Oya 川上流地域で 518.6mm、Hawa Eliya 地域で 432.5mm と推定できる。この値を用いると Gregory 湖周辺域を除く Nanu Oya 川上流地域では日量 17,300m<sup>3</sup>、Barrack Plain Reservoir 流域全域では日量 8,520m<sup>3</sup> の涵養量（内、Hawa Eliya 地域は 6,500m<sup>3</sup>/day）が期待できる。Nanu Oya 川上流域及びHawa Eliya 地域の水収支を表-3.13、表-3.14 に示す。なお、タンクモデル法では貯留高の変化量を考慮しているため、降水量 - （実蒸発散量+流出量）と地下水涵養量は近似となるが、厳密には同じ値とはならない。

表-3.13 Nanu Oya 川上流地域の水収支

年	降水量 (mm)	実蒸発散量(mm)	流出量 (mm)	地下水涵養量 (mm)
1995/96	2290.8	619.7	1033.4	473.2
1996/97	1871.3	560.3	881.6	426.5
1997/98	2540.3	563.7	1379.3	625.6
1998/99	2095.8	570.8	1060.1	506.9
1999/00	2437.9	607.1	1206.1	560.9
平均	2247.2	584.3	1112.1	518.6

表-3.14 Hawa Eliya 地域の水収支

年	降水量 (mm)	実蒸発散量(mm)	流出量 (mm)	地下水涵養量 (mm)
1995/96	2090.6	640.9	968.7	432.4
1996/97	1707.8	575.4	792.2	336.3
1997/98	2318.3	572.1	1256.6	519.6
1998/99	1912.7	589.3	951.6	393.3
1999/00	2224.9	627.0	1102.8	480.9
平均	2050.9	600.9	1014.4	432.5

## 2) 地下水利用現況

現在利用されている深井戸は全部で 6 箇所あり、Nanu Oya 川上流域に 2 箇所、Gregory 湖周辺域に 3 箇所、Barrack Plain Reservoir 流域に 1 箇所分布している。また、浅井戸は Race Course 地域、Gregory 湖周辺域と Barrack Plain Reservoir 流域に各 1 箇所ずつ、合計 3 箇所使われている。これらの内、ヌワラ・エリヤ市（Municipal Council）所有の井戸は 2 ヶ所であり、他は民間の井戸である。井戸深度は 15m～93m と幅があり、その場所の地質条件によって帯水層の性状や深度が異なっていることが分かる。民間の井戸の多くが水道水の補完に使用されており、乾期には揚水量が増大する。市所有の Upper Lake Borehole は自噴井であり、乾期のみ揚水している。浅井戸は主として家庭の雑用水として用いられているが、ビール工場ではピンの洗浄に使用されている。また乾期の灌漑に使用されている井戸もある。こ

これらの井戸の一覧表を表-3.15 に示す。

表-3.15 稼働中の井戸

井戸名 / 所有者	流域名 / 地区名	種別	井戸深度 (m)	湧水量 (m <sup>3</sup> /day)	揚水量 (m <sup>3</sup> /day)
Race Course Borehole/ Municipal Council	Nanu Oya 川上流域 / Race Course	浅井戸	15	>730	300
Bank of Ceylon	Nanu Oya 川上流域 / Town Area	深井戸	80	1,440	5
Hill Club	Nanu Oya 川上流域 / Town Area	深井戸	43	360	5
Upper Lake Borehole/ Municipal Council	Gregory 湖周辺域 / Upper Lake	深井戸	30	自噴量 39	600 乾期のみ運転
Bibile Garment	Gregory 湖周辺域 / Magastota	深井戸	93	346	90
Ceylon Electric Board	Gregory 湖周辺域 / Magastota	深井戸	33.5	288	10
INCO	Barrack Plain Reservoir 流域 / Hawa Eliya	深井戸	36.6	360	173 乾期のみ運転
Mr.Karunaratne	Gregory 湖周辺域 / Magastota	浅井戸	1.8	N/A	65 乾期のみ運転
The Ceylon Brewery Ltd.	Barrack Plain Reservoir 流域 / Hawa Eliya	浅井戸	9.8	180	162 乾期のみ運転

### 3) 社会開発調査のレビュー

社会開発調査では表-3.16 および図-3.6 に示す通り Upper Lake Road、Galway Wildlife Bungalow、Golf Course、および Victoria Park の4地区において合計8本の試験井を掘削している。その内、Golf Course で掘削された1本の井戸(32/28A)は孔内崩壊のため掘削の中断を余儀なくされ、Victoria Park で掘削された2本の井戸(33/47、33/46A)も同様に中断された。Upper Lake Road の2本の井戸(32/27、33/48)は施工不良のため揚水試験を実施できなかった。また、同じく Upper Lake Road の1本の井戸(32/29)では試験中に地下水位が異常降下したため揚水試験を中断している。結局、揚水試験を実施できたのは8本中2本の井戸(Galway Wildlife Bungalow の33/46 および Golf Course の32/28)のみであった。

揚水試験の結果、Galway Wildlife Bungalow の33/46 試験井における限界揚水量は700m<sup>3</sup>/day、Golf Course の32/28 試験井においては1,100m<sup>3</sup>/day と見積もられている。これに対し、揚水試験を中断した Upper Lake Road の32/29 試験井では、地下水の湧出量が少なかったものと判断される。

表-3.16 社会開発調査の試験井

井戸番号 / サイト名	流域 / 地区名	帯水層地質	掘削の成否	井戸径 (mm)	井戸深度 (m)	揚水試験の成否	限界揚水量 (m <sup>3</sup> /day)	透水量係数 (m <sup>2</sup> /day)	安全揚水量 (m <sup>3</sup> /day)
3 2 / 2 7 Upper Lake Rd. 1	Gregory 湖周辺部 / Upper Lake	破碎性風化片麻岩	竣工	2 2 5	75.0	Failed	-	-	-
3 2 / 2 9 Upper Lake Rd. 2	同上	同上	竣工	2 2 5	75.0	Incomplete*	-	24.8	400
3 3 / 4 8 Upper Lake Rd. 3	同上	同上	竣工	2 2 5	68.0	Failed	-	-	-
3 3 / 4 6 Galway Wildlife Bungalow	Boburella River / Hawa Eliya	破碎性片麻岩	竣工	2 2 5	76.8	Completed	700	41.7	276
3 2 / 2 8 A Golf Course 1	Nanu Oya 川上流域 / Town Area	同上	中断	2 2 5	-	-	-	-	-
3 2 / 2 8 Golf Course 2	同上	同上	竣工	2 2 5	88.0	Completed	1,100	266	770
3 3 / 4 6 A Victoria Park 1	同上	破碎性風化片麻岩	中断	2 2 5	62.0	-	-	-	-
3 3 / 4 7 Victoria Park 2	同上	同上	中断	2 2 5	87.5	-	-	-	-

注釈 \* : 段階揚水試験の1段目 (Q=575 m<sup>3</sup>/day) で水位が異常低下し中断。  
安全揚水量は FS の解析結果。

社会開発調査では、上述の通り 2 箇所 ( Golf Course 及び Galway Wildlife Bungalow) で揚水試験が成功裏に終わっているが、社会開発調査で提案されている地下水開発地域はこの揚水試験が成功した場所ではなく、図-3.6 に示すとおり、Hawa Eliya 及び Upper Lake Road となっていた。各地域における開発計画は下記の通りであった。

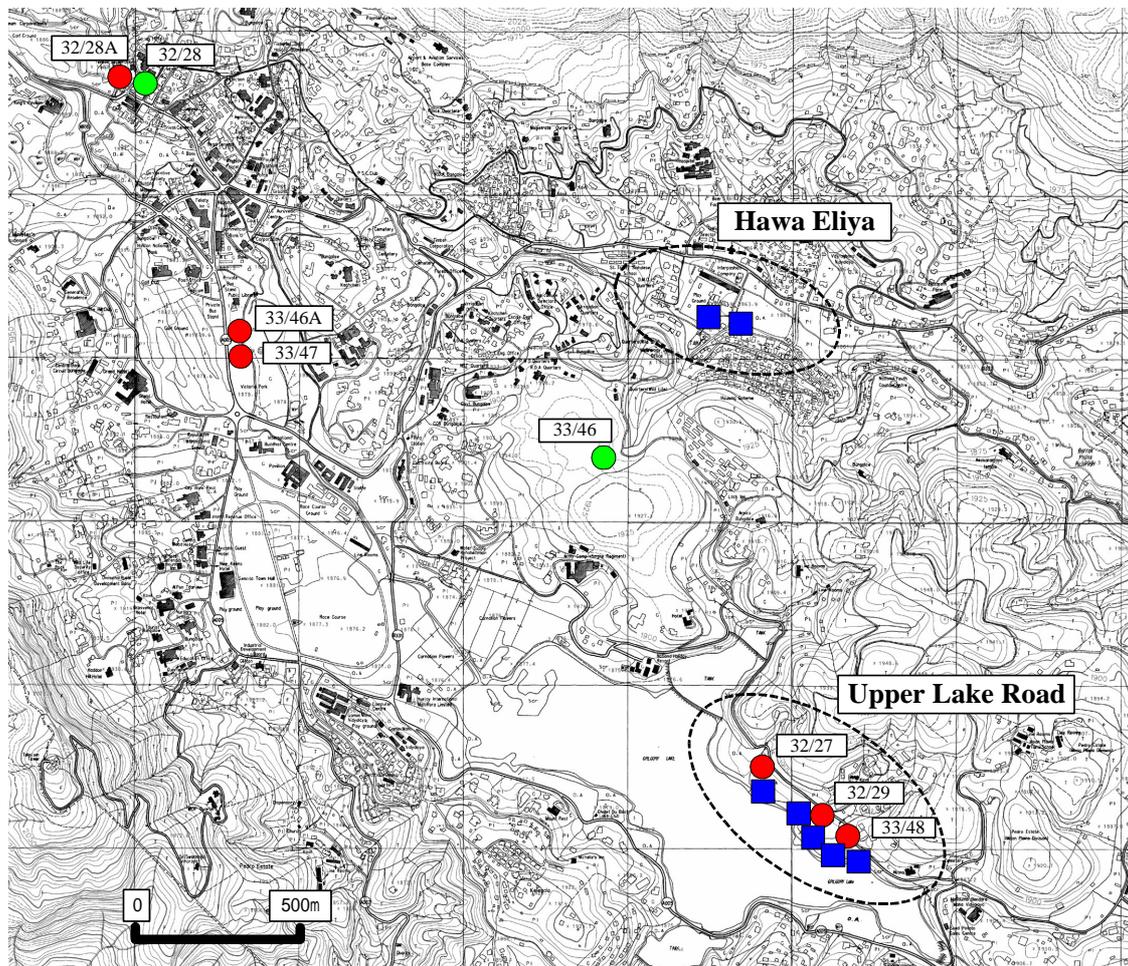
Hawa Eliya

@1,000 m<sup>3</sup>/day/井戸 x 2 本建設 = 2,000 m<sup>3</sup>/day を揚水

Upper Lake Road

@1,000 m<sup>3</sup>/day/井戸 x 5 本建設 = 5,000 m<sup>3</sup>/day を揚水

図-3.6 社会開発調査時に建設された試験井位置及び計画井戸位置

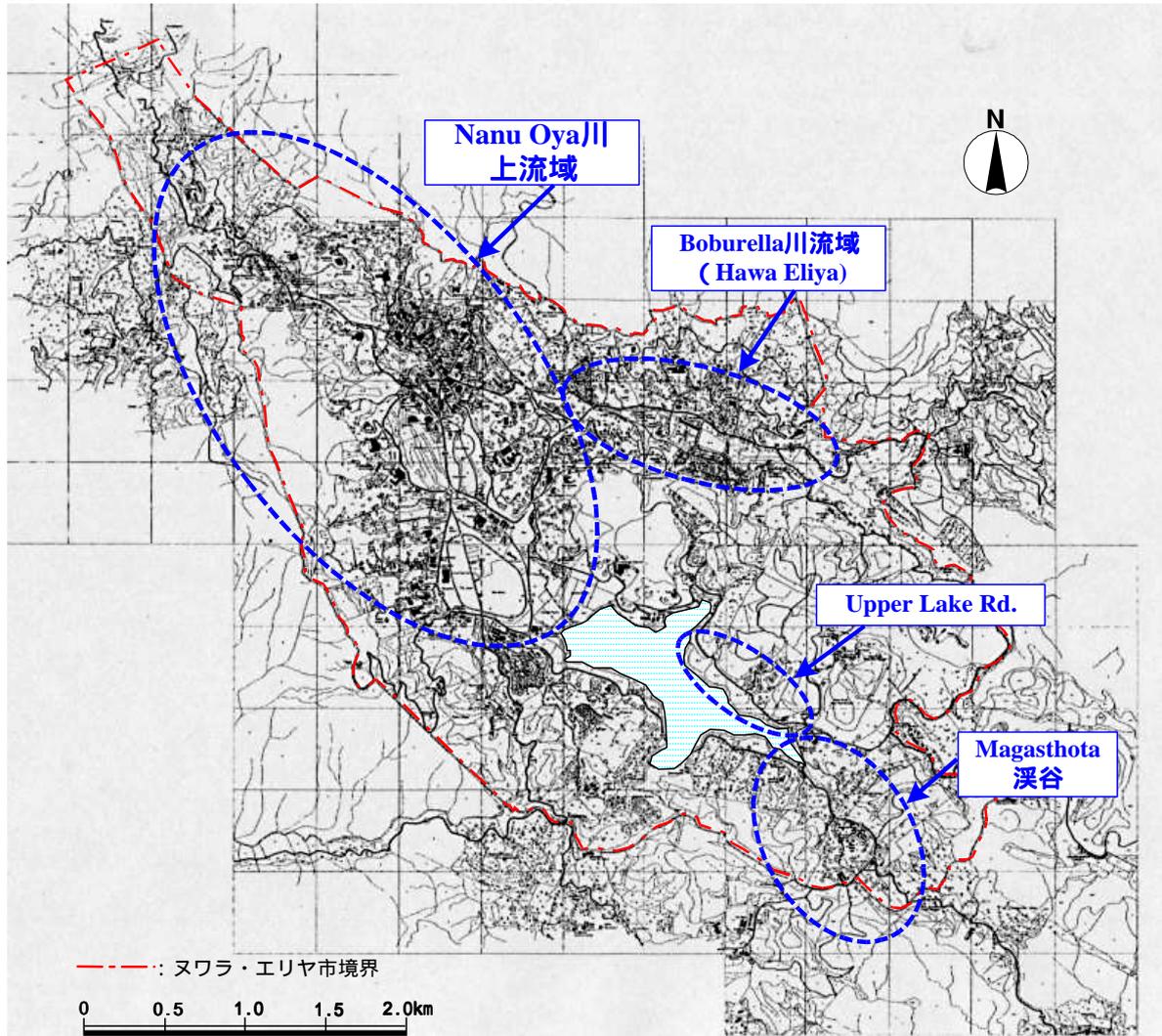


- 社会開発調査で建設された試験井 (但し揚水試験は失敗)
- 社会開発調査で建設された試験井 (揚水試験まで成功)
- 33/46 社会開発調査で建設された試験井番号
- 社会開発調査で計画された井戸建設予定地

#### 4) 地下水開発予定地について

ヌワラ・エリヤ市における地下水開発地域は山岳部を除くと図-3.7 に示すような4地区が考えられる。

図-3.7 ヌワラ・エリヤ市における地下水開発地域



本基本設計調査では、地下水の賦存状況および関係する地質構造を把握するために、広域的な物理探査(電気探査及び電磁探査)を社会開発調査で提案された地下水開発地域(Hawa Eliya 及び Upper Lake Road)を含んで実施した。その結果、図-3.8 に示す片麻岩風化帯の基盤深度等および図-3.9 に示す風化帯の層厚等、地下水帯水層の分布を把握するために重要ないくつかの知見が得られた。下記に上図に示す4地域について、物理探査の結果並びに地下水涵養量の検討結果から、地下水の開発可能性について述べる。

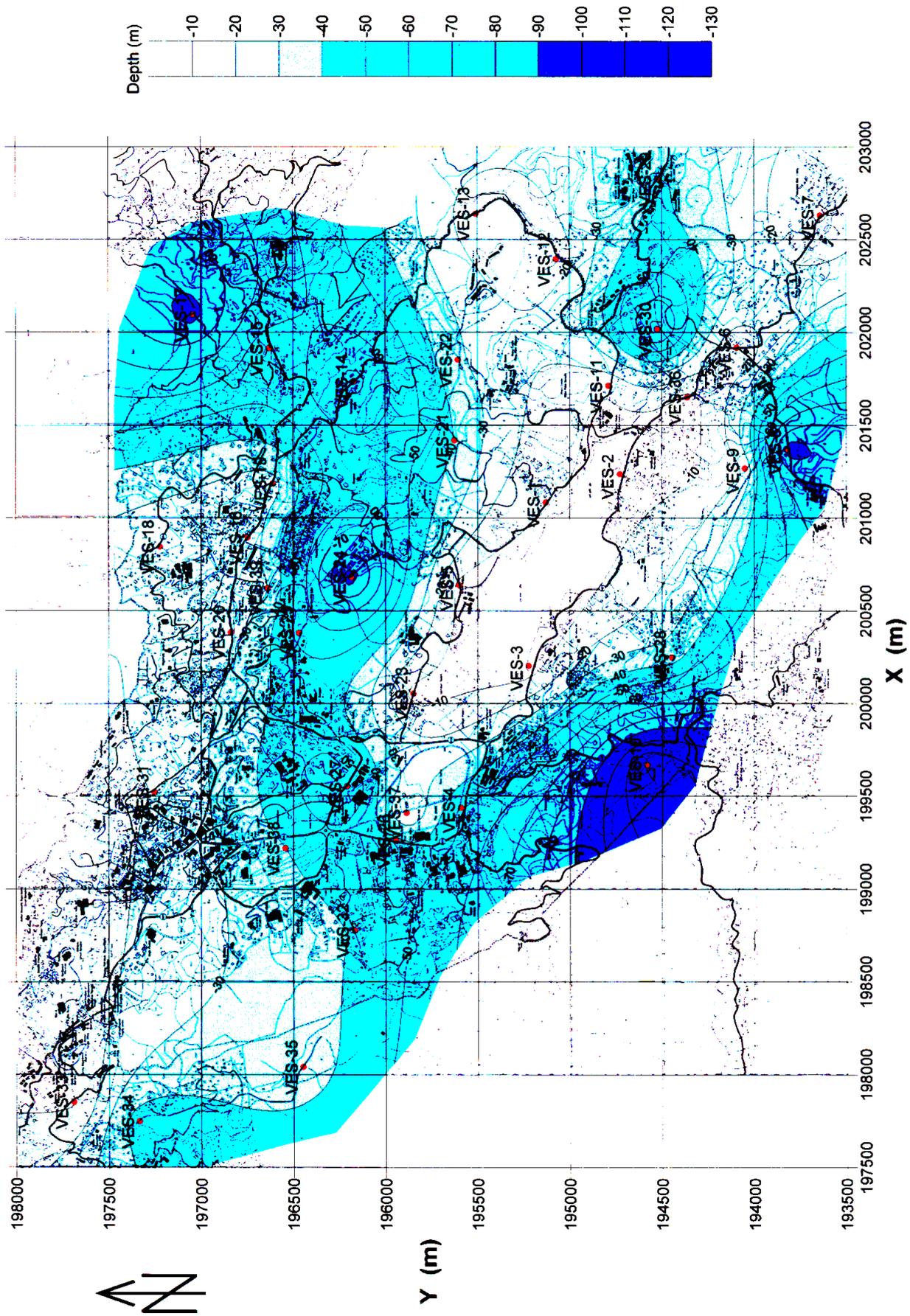


図-3.8 片麻岩風化帯の基盤深度

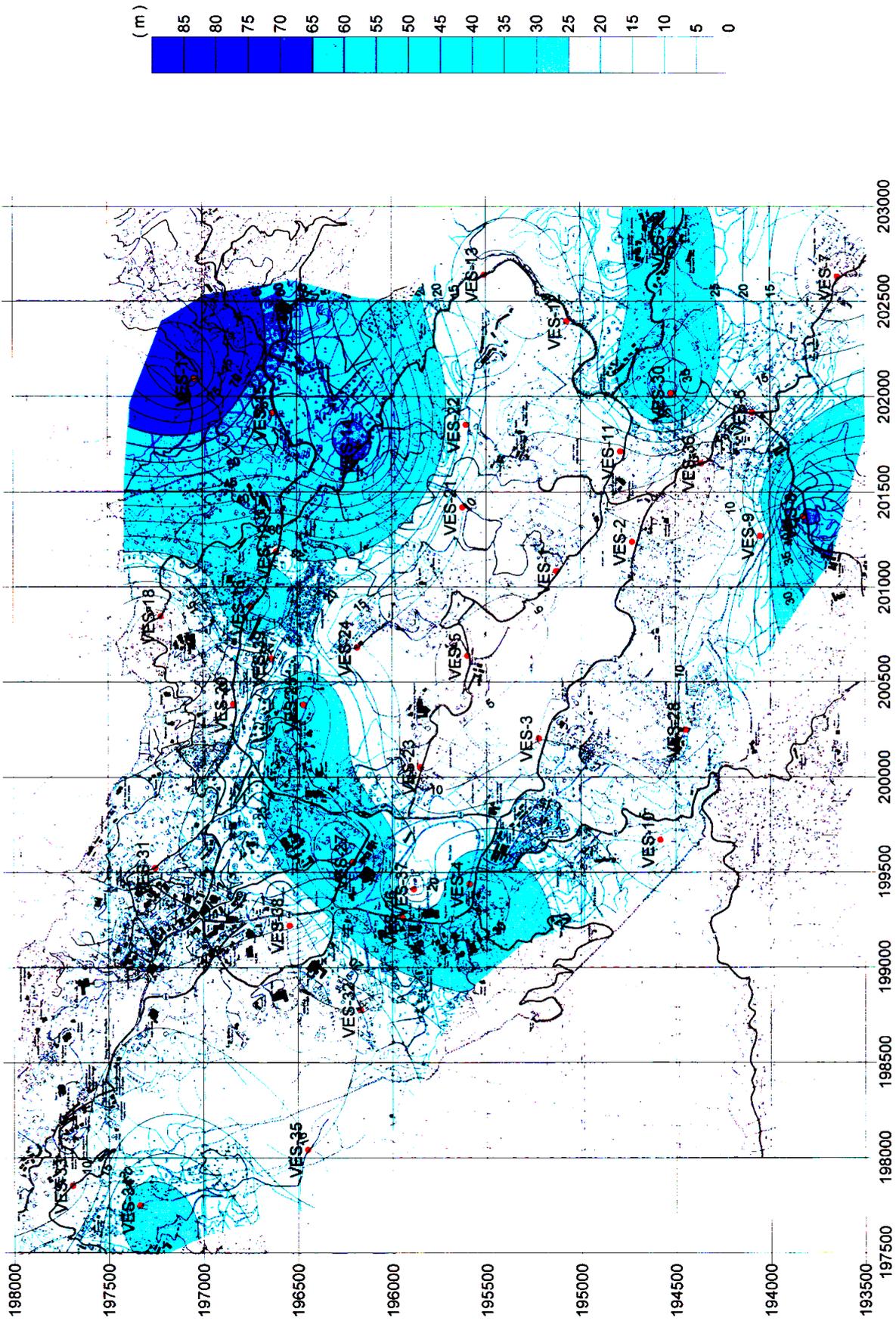


図-3.9 片麻風化帯の層厚

### 1) Upper Lake Road 地域

まず、社会開発調査で提案された Upper Lake Road を含む Gregory Lake 周辺部では、物理探査の結果では、帯水層の厚さが薄い(5-10m 以下)ことがわかり、社会開発調査での提案を裏付ける結果とはならなかった。

この地域は Gregory 湖沿いの平坦地に位置しており、流域は湖と Upper Lake 丘陵に囲まれ非常に狭い。主要断層がこの地を縦断しているが、帯水層は風化しており透水係数は低い。この地は涵養量が少ないため、地下水開発により Gregory 湖の水が流入する危険性が高い。

社会開発調査で Upper Lake Road を提案した根拠は、揚水試験は成功しなかったものの、瞬間的な湧水(1,440m<sup>3</sup>/day 以上)が観察されたためであり、1,000m<sup>3</sup>/day 程度の揚水は可能であるとしている。しかし一方では、段階揚水試験の第一段階(575m<sup>3</sup>/day)で水位降下が著しくなったため揚水試験を中断せざるを得ず、この揚水試験結果から安全揚水量を 400m<sup>3</sup>/day と推定している。社会開発調査は、地下水開発地域について結論は暫定的であり、より適切な建設方法で試験井を建設し、その試験井で揚水試験を実施し、この暫定的な結論を確認し修正するべきであるとしている。

### 2) Magasthota 溪谷

この溪谷の流域面積は小さく Gregory 湖に注ぐ河口で約 0.6km<sup>2</sup>である。主要断層が谷部を縦断しており、帯水層は断層とその破碎帯である。透水係数が低いため、既存深井戸の湧水量は少ない。Gregory 湖周辺部における探査では、この地域が Nuwara Eliya Town - Upper Lake に延びるもう一つの断層の延長上に位置しているが、見掛けの比抵抗値は 5~9 - m であるので、帯水した風化岩であるとみられる。非常に風化が進んだ層は透水係数が低く水量をあまり期待できない。

### 3) Nanu Oya 川上流域

年平均地下水涵養量は日量 17,300 m<sup>3</sup>に相当する。地下水盆はゴルフ場の北端からグレゴリー湖の北縁岸边にかけて広がっている。地下水は、地表下約 20~50m の片麻岩風化層およびその下位の片麻岩・珪岩層裂罅中に胚胎されており、いずれも被圧地下水となっている。深部には大きな亀裂を持つ岩(帯水層)があるものと解釈できる。なお、この解釈は社会開発調査の試験井の掘削記録とほぼ整合している。掘削記録には 25m 以浅では風化岩、それ以深では片麻岩と記載されており、片麻岩の部分には数メートルおきに裂罅部が記されている。さらに、Haddon Hill 及び Race Course 西側 - 北側等の地区で厚い帯水層(30m 以上)が存在すると推定された。

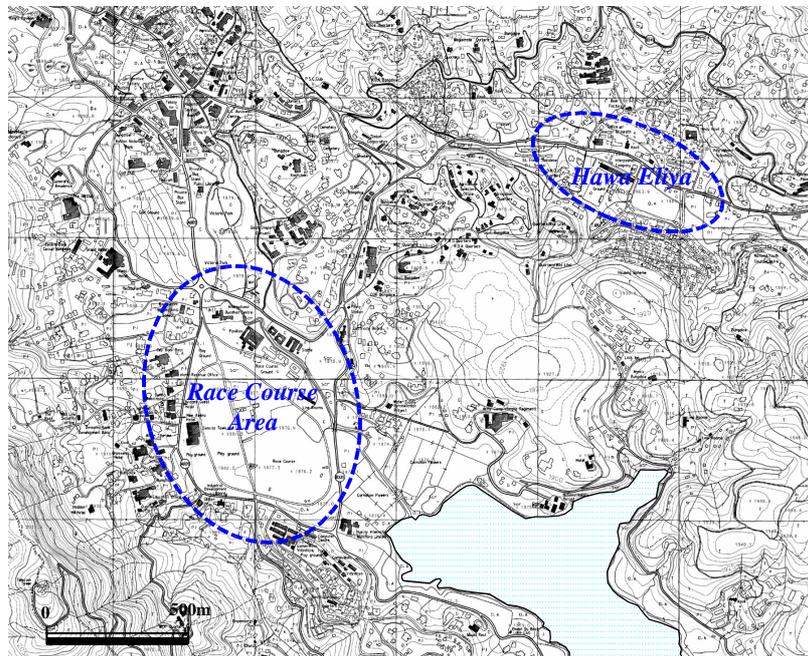
#### 4) Boburella 川流域(Hawa Eliya)

年平均地下水涵養量は日量 8,520 m<sup>3</sup> に相当する。この流域は北東側を Lover's Leap の源となっている高い山々によって、南西側を Upper Lake 丘陵によって囲まれている。地下水はこれらの山々や丘陵より発しており、片麻岩の風化層よりなる斜面に浸透流下し、谷底に位置している帯水層を涵養している。地下水は、Nanu Oya 川上流域と同様に地表下約 20～50m の片麻岩風化層およびその下位の片麻岩・珪岩層裂隙中に胚胎されており、いずれも被圧地下水となっている。Hawa Eliya の運動場では、深度 70m地点から 80m地点の間に断層があることを示しており、その両側は比抵抗値が 20 - m と低く平坦なグラフであることから、細かい亀裂に富む岩（帯水層）であるとみられる。また、これらの地域では、厚い帯水層（30m 以上）が存在すると推定され、社会開発調査と同様の結果となった。

よって、本基本設計調査では Upper Lake Road 地域並びに Magasthota 溪谷における地下水開発の妥当性が検証されなかったため、これを候補地から除外した。本基本設計調査で実施した物理探査、水道施設計画との関連および現地の地形・地質状況から、より有望な地下水開発候補地として Boburella 川流域(Hawa Eliya)及び Nanu Oya 川上流域を選定した。Nanu Oya 川上流域の中では、帯水層が厚く水道施設計画から導水管路が短くできる Race Course 地区を選定した。よって、本基本設計調査で選定された地下水開発予定地は次の 2 地区を候補として選定した。

- A. Hawa Eliya 地区
- B. Race Course 地区

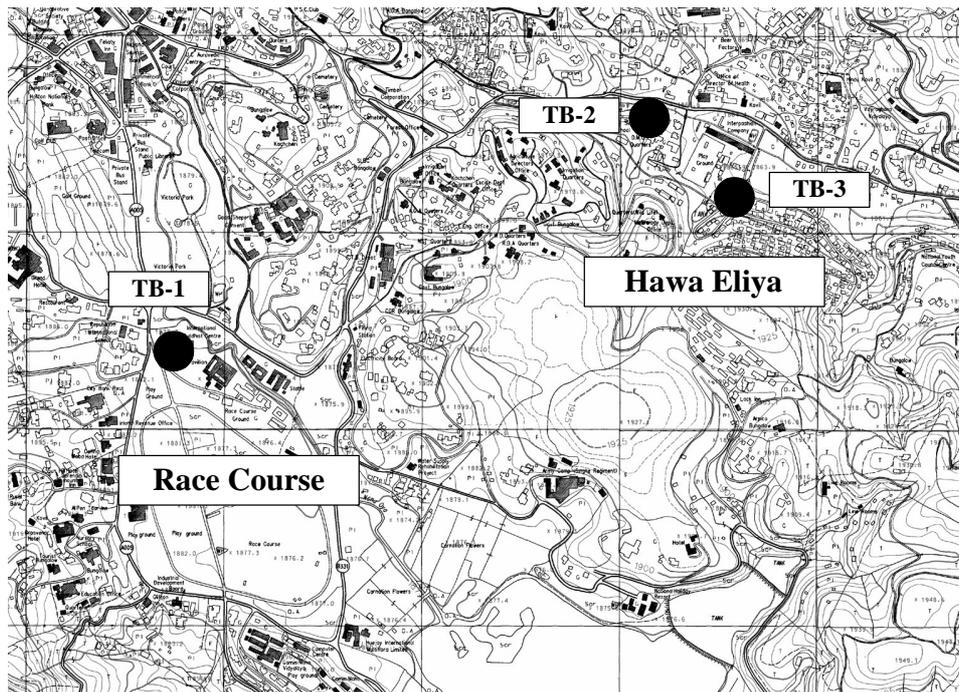
上記 2 候補地域の他に、Nanu Oya 川上流域の中でゴルフコースにおいては社会開発調査で揚水試験が成功しており、地下水開発可能性について有望であったが、この時点では土地収用が困難であるとの現地政府からの情報があり、候補地から除外されている。この 2 候補地点において、地質性状ならびに揚水能力を確認するために、地質調査ボーリングが実施された。



## 5) 地質調査ボーリング及び可能地下水取水量

地質調査ボーリングは、Race Course 地区に 1 ヶ所( 地点名 : TB-1、Race Course 入口 )、Hawa Eliya 地区に 2 ヶ所( 地点名 : TB-2、学校前および TB-3、Play Ground ) の合計 3 ヶ所で実施した。

図-3.10 地質調査ボーリング位置図



これまでに実施した各種調査結果および既存井に関するデータに基づき、Nuwara Eliya 地域の地下水帯水層は地表付近( 深度 10m 未満 ) の浅部不圧帯水層と風化片麻岩底部の被圧帯水層であると推定し、調査ボーリングを実施した。表-3.17 に各調査井における揚水試験の結果を示す。なお、揚水試験は、調査孔の口径が小さく、揚水ポンプが使用できないため、高圧空気によるエアーフット法で試験を行った。

表-3.17 地質調査ボーリング揚水試験結果

	流域名 / 地区名	帯水層 地質	井戸 深度 (m)	層厚 (m)	限界 揚水量 (m <sup>3</sup> /day)	透水量 係数 (m <sup>2</sup> /day)	透水 係数 (m/day)
地質調査ボーリング TB-1	Nanu Oya 川上流域 / Race Course	片麻岩 破碎帯	104.25	10.5	300	1.26	0.12
地質調査ボーリング TB-2	Barrack Plain Reservoir 流域 / Hawa Eliya	片麻岩 破碎帯	81.0	25.7	800	51.1	2.0
地質調査ボーリング TB-3	Barrack Plain Reservoir 流域 / Hawa Eliya	片麻岩 破碎帯	44.2	13.4	>1,000	230	17.2

ハワエリヤ地域における地質調査ボーリング (TB-2 及び TB-3) 結果から、風化片麻岩よりも更に深部の新鮮な片麻岩・珪岩および石灰岩層中に亀裂帯が発達しており、優勢な被圧地下水層を形成していることが明らかとなった。風化片麻岩層中よりも珪岩中の亀裂帯からの湧水量ははるかに量が多く、水質も十分に良質であることから、開発対象としてはこの風化片麻岩よりも更に深部の新鮮な珪岩および石灰岩層中の優勢な被圧地下水層とすることとした。Race Course における地質調査ボーリング(TB-1)は途中で崩壊層があること、現地における掘削能力から深度 104m で掘削を中断したため、深部破碎帯による帯水層を確認できなかったが、掘削途中の湧水量の計測から、ハワエリヤにおける湧水量の半分程度であることが判った。

揚水試験の結果得られた帯水層特性値 (透水量係数、透水係数、貯留係数、層厚、井戸径) を用いてシミュレーション解析を行った結果、次のように、各地質調査ボーリング地点における計画揚水量が求められた。

	< 地質調査ボーリングデータ >	< 計画揚水量 >
Hawa Eliya 地区	600 ~ 1,400 (m <sup>3</sup> /day)	800 (m <sup>3</sup> /day)
Race Course 地区	157 (m <sup>3</sup> /day)	300 (m <sup>3</sup> /day)

この地質調査ボーリングの結果、レースコースで期待していた揚水量が得られないことから、他の水源 (井戸開発地点) から地下水を補うシステムを新たに考える必要が生じ、先に除外されたゴルフコースにおける井戸開発を再検討することとなった。候補地から除外する要因となっていた土地収用の問題については、実施機関である NWSDB が責任を持って土地の確保を行う旨確認が得られたため、このゴルフコースを地下水開発候補地として、採用することとした。

なお、Golf Course については、社会開発調査で行われた揚水試験結果を基に上記地質調査ボーリングと同様の解析を行った結果計画揚水量を下記の通りとした。

	< 試験井における安全揚水量 >	< 計画揚水量 >
Golf Course 地区	770 (m <sup>3</sup> /day)	800 (m <sup>3</sup> /day)

揚水量は井戸掘削地点の地質状況や井戸構造等によって大きく異なるため、本来、各井戸毎に揚水試験によって決めるべき特性値である。本基本設計に当たっては現実性を重んじて計画用水量をやや安全側に設定した。

## 6) 地下水開発に係わる施設計画

地下水開発に係わる施設計画は、これまで述べてきた 3 箇所の地下水開発地域における計画揚水量を考慮し代替案が抽出され、それらを比較検討した後に最適案が選定された。また、地下水の送水拠点は、Low Area 1 向け 4,651m<sup>3</sup>/day はレースコース接合井、Low Area 2 向け 1,744m<sup>3</sup>/day はハワエリヤ接合井とする。

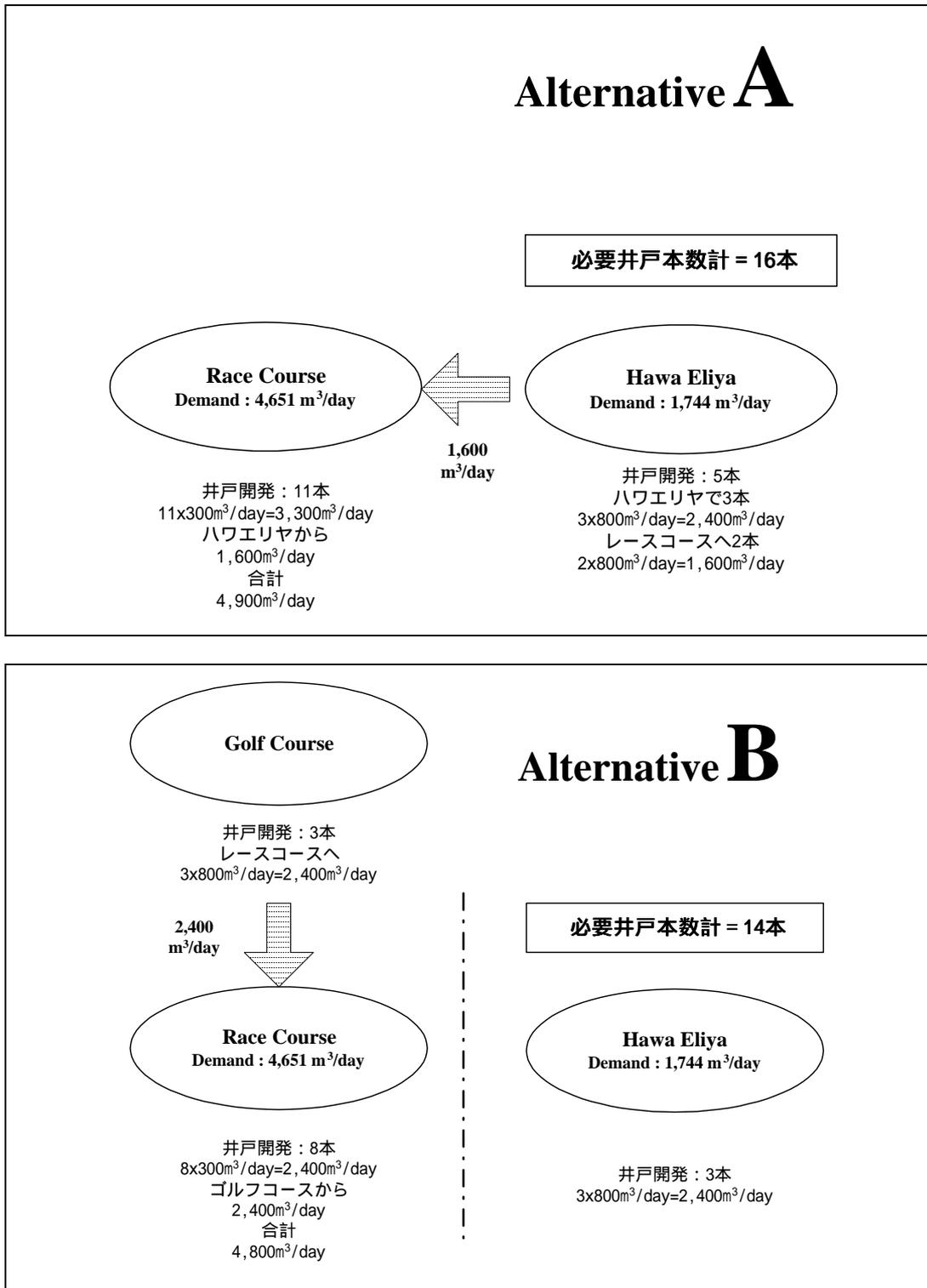
代替案の抽出並びに比較検討については下記の項目に重点を置いて行うこととする。

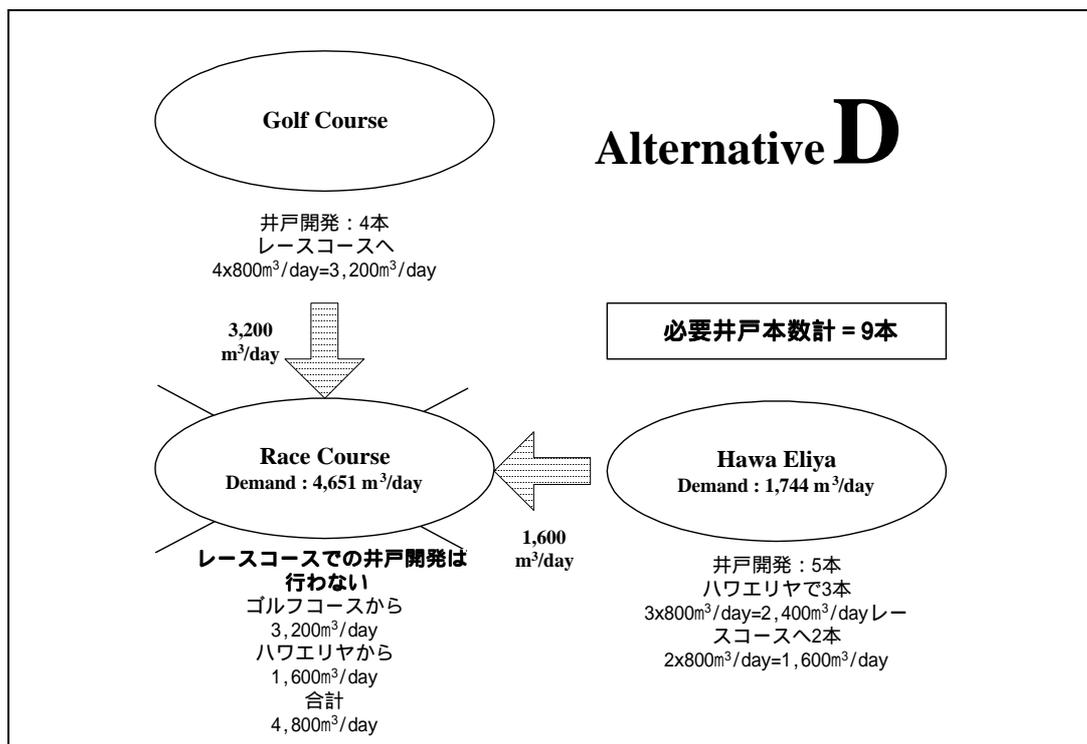
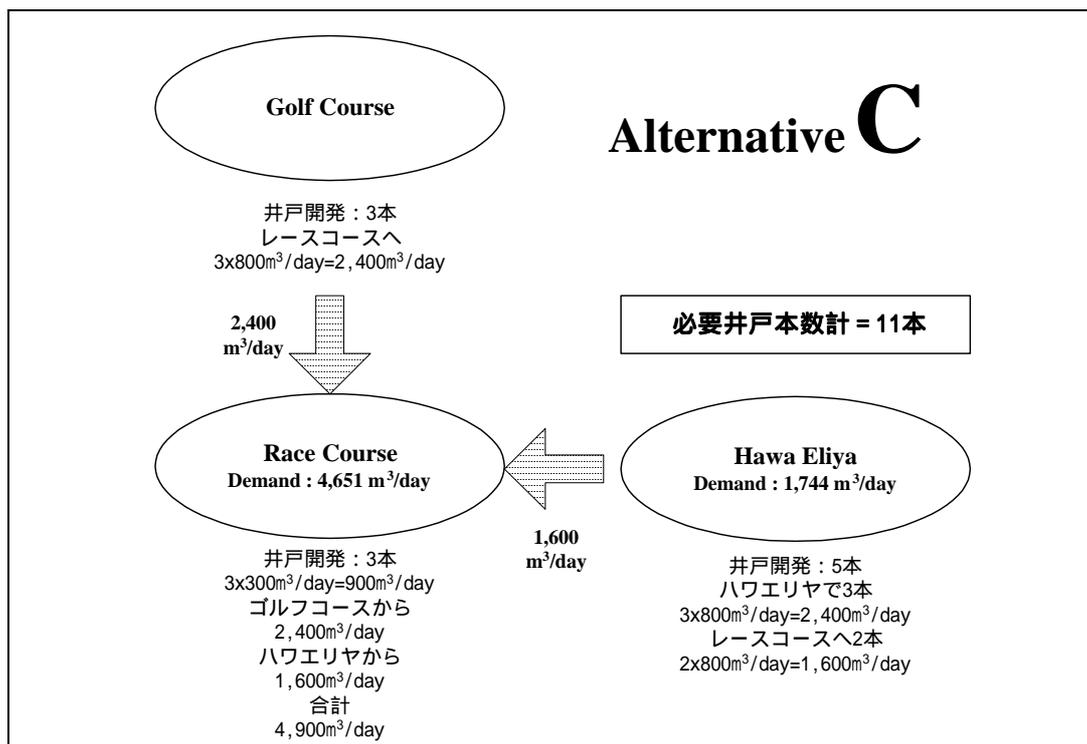
- 地下水の揚水量を地下水涵養量から評価し、持続的で、安全な揚水量範囲内に抑える
- 地下水源の有効利用を図る
- 建設コストが低い

上述した比較検討項目を考慮に入れて抽出された代替案は図-3.11 に示すとおり、Alternative A,B,C,D の 4 案である。

- Alternative A : レースコースで最大限の井戸開発を行い、さらに不足分をハワエリヤに開発した井戸から導水する。ハワエリヤではさらにハワエリヤで必要な水量を開発する。
- Alternative B : ゴルフコースで井戸開発を行いレースコースに導水する。さらに、不足量をレースコースで井戸開発を行う。ハワエリヤはハワエリヤで必要な水量のみを開発し、レースコースへの導水は行わない。
- Alternative C : ゴルフコースおよび、ハワエリヤで井戸開発を行いレースコースに導水する。さらに、不足量をレースコースで井戸開発を行う。
- Alternative D : ゴルフコースおよび、ハワエリヤで井戸開発を行いレースコースに導水する。レースコースでは井戸開発を行わない。

図-3.11 代替案図





上述した代替案について、比較検討項目に沿って各代替案を比較検討し、最適案を抽出した。その結果を表-3.18 に示す。

表-3.18 代替案の比較検討結果

代替案	井戸本数	地下水涵養量からの評価		水源システムとしての妥当性評価		建設コスト順位 (4:高い~1:低い)		総合判定
			判定		判定		判定	
A	16	涵養量からは問題は無い		レースコースで効率の低い井戸を多く建設しなければならない。	×	4		
B	14	涵養量からは問題は無い		ハワエリヤでの揚水量は地質調査ボーリングで確認されているが、それを有効に利用できない。また、レースコースで効率の低い井戸を多く建設しなければならない。		3		
C	11	涵養量からは問題は無い		複数の水源が相互融通できて、システムとしては、安全度が高い。すべての水源の有効利用が図れるが、レースコースにおいて非効率な井戸建設を行う必要がある。		2		
D	9	涵養量からは問題は無い		二つの水源が相互融通できて、システムとしては、安全度が高い。		1		

各案における水源位置の標高ならびに導水位が同様のレベルであること、導水量の総計はどの案においても、同量であることから運転コストは比較検討項目には含めていない。また、維持管理の難易については、各案地下水を揚水して導水するという技術的に同様のシステムであり、比較検討の対象としていない。

よって、上表に示す通り、最適案は Alternative D となる。この D 案のシステム図を図-3.10 に示す。この案ではゴルフコースに井戸を 4 本建設することとなるが、ゴルフコースを含む地下水涵養域（Nanu Oya 川上流域）での涵養地下水を比較的集中したゴルフコースで揚水することになるので、非常に強度の渇水年の場合は計画揚水量が得られない可能性もまったく無いとは言えないが、給水に与える影響は一時的であり、深刻な影響を与えるものではないと考える。また、井戸相互の干渉を避けるために、井戸間隔は最低 150m として計画を策定した。

図-3.12 に示すとおり、接合井から見るとレースコースの接合井 J1 に送水するシステム（レースコースシステム）及び、ハウエリヤの接合井 J2 に送水するハウエリヤシステムの 2 つがある。レースコースシステムは、ハウエリヤの 2 本の井戸からの地下水ならびに、ゴルフコースに開発される 4 本の井戸からの地下水全てがレースコースの接合井 J1 に送水される。ハウエリヤシステムはハウエリヤで開発される 5 本の井戸のうち、3 本の井戸から揚水される地下水をハウエリヤにある接合井 J2 に送水するものである。

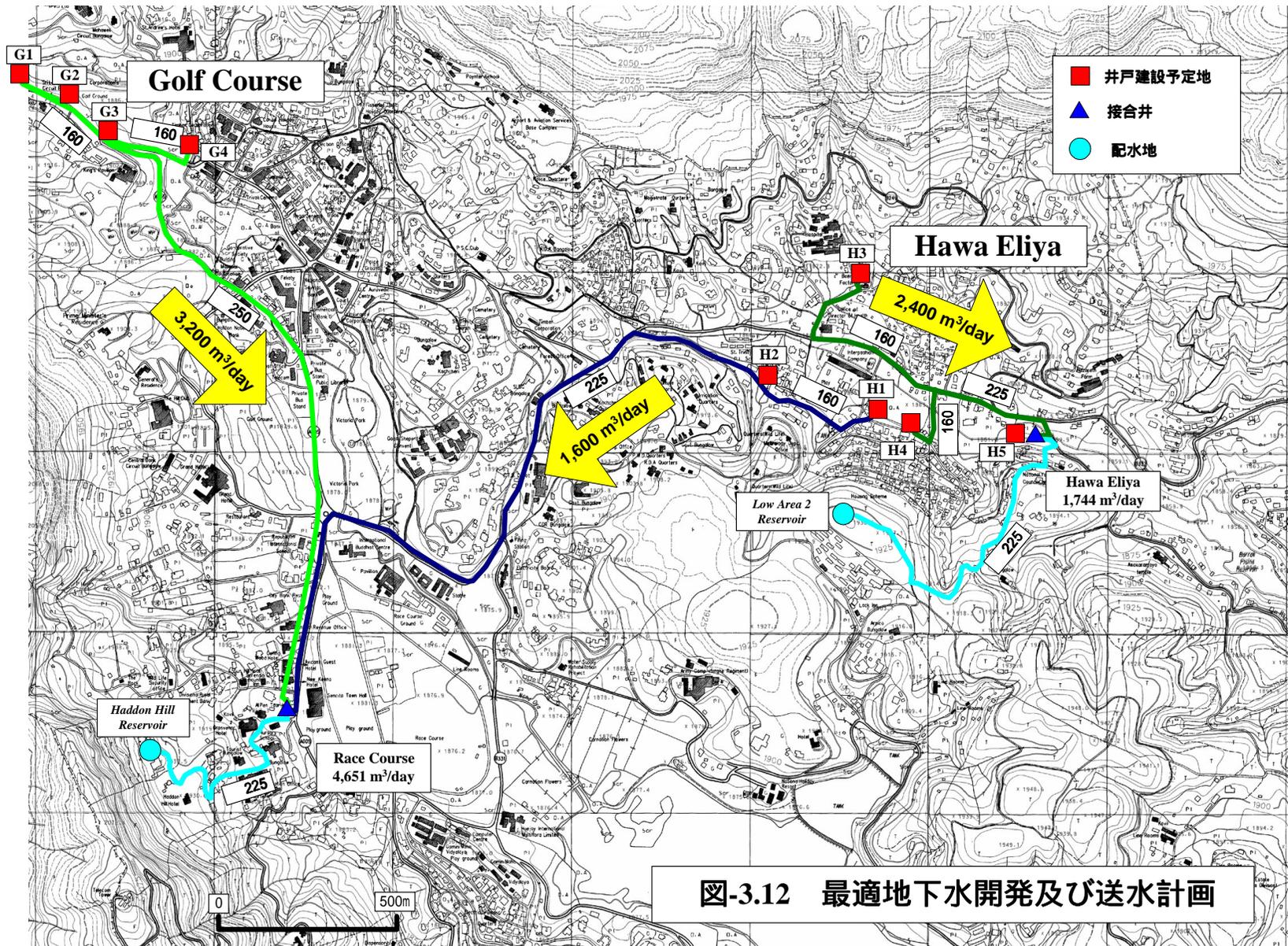
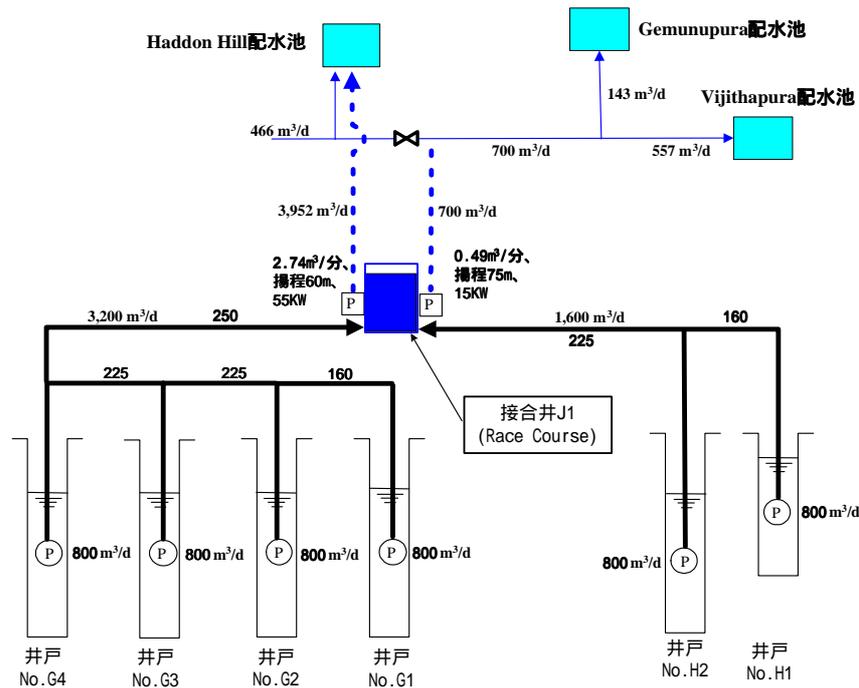


図-3.12 最適地下水開発及び送水計画

7) レースコース・システム



レースコースシステムは、ゴルフコースに4本の井戸を建設( @800m<sup>3</sup>/day x 4 = 3,200 m<sup>3</sup>/day ) し、揚水された地下水はレースコースにある接合井 J1 に送水される。また、ハワエリアに建設される5本の井戸の内2本の井戸の地下水( @800m<sup>3</sup>/day x 2 = 1,600 m<sup>3</sup>/day ) が同じくレースコースにある接合井 J1 に送水される。この接合井 J1 から、送水ポンプによりハドンヒル配水池へ送水され、また別の送水ポンプにより、ガムヌプラ及びビジタプラ配水池に送水されるシステムである。

a) 井戸工事

レースコースに建設される接合井 J1 には、ゴルフコース及びハワエリアに各々4本及び2本建設される井戸から送水される。井戸相互の干渉作用を最小限に押さえるために、井戸間隔は最低150m以上とする。井戸のストレーナー部の口径は8インチとなる。井戸の掘削深度は、表-3.19の通りである。

表-3.19 レースコース・システムにおける井戸掘削深度

井戸	掘削深度	備考
ゴルフコース4本(G1~G4)	100 m	社会開発調査における試験井で88mまで削井し地下水が得られたため、本計画では100mとする。
ハワエリア・H1	60 m	地質調査ボーリングで44m付近で湧水が確認されているため、本計画では60mとする。
ハワエリア・H2	100 m	近隣の地質調査ボーリングで81m付近で湧水が確認されているため、本計画では100mとする。

井戸ポンプの形式は全て水中ポンプであり、この水中ポンプにより接合井まで送水する。ポンプ容量は全て 0.56m<sup>3</sup>/分、ポンプ揚程はゴルフコースで 30m(全井戸)、ハワエリヤで 50m(H1)と 55m(H2)として計画する。なお、揚程は、各井戸の動水位、接合井水位、送水管路の損失水頭、ポンプ回り損失水頭を考慮して求めた。ここで、各井戸の地下水動水位を、ゴルフコースでは地盤から 15m、ハワエリヤでは 10m(H1)、25m(H2)とした。

ゴルフコース内の井戸 4 本に関しては、ゴルフコース内における構造物を最小限に押さえるため井戸棟を各井戸に建設せず、井戸 No. G3 の地点に一箇所井戸棟を建設し、ゴルフコース内全ての井戸 4 本の on-off が遠隔操作できるスイッチボードを設置することとする。ハワエリヤにおいては、各井戸に井戸棟を建設する。

**b) 地下水送水管路及び接合井**

接合井 J1 は容量 30m<sup>3</sup> の RC 水槽で、ゴルフコース (4 本) とハワエリヤ (2 本) より地下水送水管が接続される。ゴルフコースでは 4 箇所ある各井戸の連絡管は PVC160mm 及び PVC225mm となり、全ての地下水の合流点から接合井戸 J1 まで DCIP250mm を 2,299m 布設する。ハワエリヤからの送水管は、井戸連絡管を PVC160mm とし、合流点から接合井戸 J1 まで PVC225mm を 2,406m 布設する。接合井は地上に築造し、ポンプ室を隣接して建設する。レースコース・システムにおける地下水送水管は表-3.20 の通りである。

**表-3.20 レースコース・システムにおける新設地下水送水管**

口径(mm)	管材質	延長(m)
250	DCIP	2,299
225	PVC	2,776
160	PVC	772
	合計	5,847

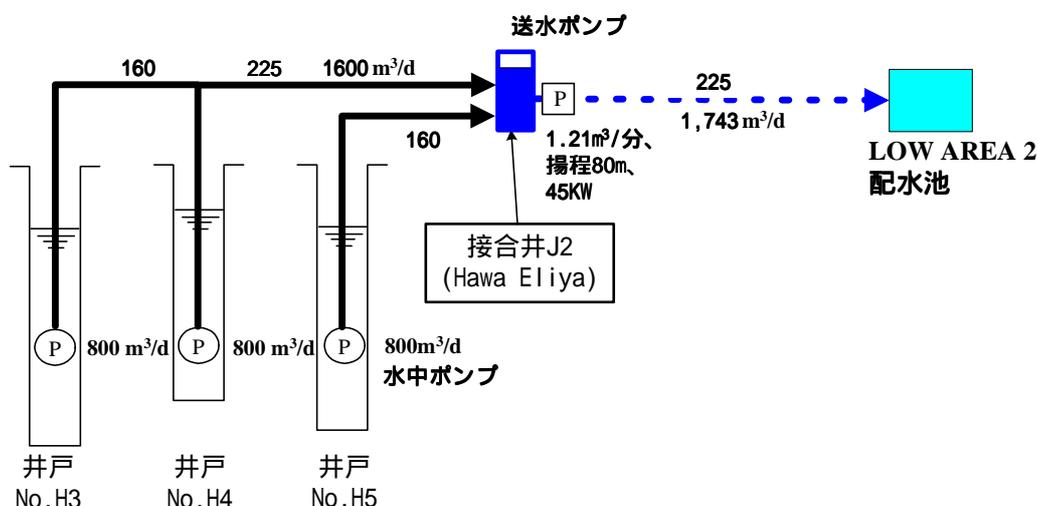
**c) 送水ポンプ**

送水ポンプ室 (床面積 60m<sup>2</sup>) は上記接合井 J1 に隣接して建設され、2 系統の送水ポンプを設置する。1 系統はハドンヒル配水池向けで、ポンプは 2.74m<sup>3</sup>/分、揚程 60m、出力 55kw を 2 台 (運転 1 台、予備 1 台) 設置する。もう 1 系統はガムヌブラ及びビジタブラ向けで、ポンプは 0.49m<sup>3</sup>/分、揚程 75m、出力 15kw を 2 台 (運転 1 台、予備 1 台) を設置する。ポンプ形式はどちらの系統とも横軸渦巻ポンプとする。この他、後述する送水増圧ポンプ (Unique View 配水池向け) を同じポンプ室内に設置する。

**d) 送水配管**

既存のハドンヒル配水池へポンプ圧送するために、PVC225mm の送水管を 502 m 布設する。また、雨期に表流水を送水する送水管を利用して、別系統のポンプによりガムヌブラ及びビジタブラの配水池へ送水する。

8) ハワエリア・システム



ハワエリアシステムは、ハワエリアに建設される 5 本の井戸の内 3 本の井戸の地下水 ( @800m<sup>3</sup>/day x 3 = 2,400 m<sup>3</sup>/day ) がハワエリアにある接合井 J2 に送水され、この接合井 J2 から、送水ポンプにより Low Area 2 配水池へ送水されるシステムである。

a) 井戸工事

ハワエリアの接合井 J2 に送水される 3 本の井戸は、同じ地域のハワエリアに建設される。井戸相互の干渉作用を最小限に押さえるために、井戸間隔は最低 150m 以上とする。ストレーナー部の口径は 8 インチである。井戸の掘削深度は、表-3.21 の通りである。

表-3.21 ハワエリア・システムにおける井戸掘削深度

井戸	掘削深度	備考
ハワエリア・H3	100 m	ハワエリアの他の井戸よりも山側に入るため、H2 と同様 100m とした。
ハワエリア・H4	60 m	近傍の地質調査ボーリングで 44m 付近で湧水が確認されているため、本計画では 60m とする。
ハワエリア・H5	80 m	近傍のデータが無いので、ハワエリア地区での平均深度 80m とした。

井戸ポンプの形式は水中ポンプであり、この水中ポンプで接合井 J2 まで送水する。各井戸の地下水動水位を地盤から 25m(H3)、15m(H4)、20m(H5)とし、各ポンプの容量を 0.56m<sup>3</sup>/分、揚程を 30mとして計画する。なお、揚程は、各井戸の動水位、接合井水位、送水管路の損失水頭、ポンプ回り損失水頭を考慮して求めた。

**b) 地下水送水管路及び接合井**

接合井 J2 は容量 30m<sup>3</sup> の RC 水槽で、井戸 H3 と井戸 H4 よりの合流管と井戸 H5 からの 2 本の地下水送水管で地下水が流入する。井戸 H3 及び井戸 H4 からの地下水送水管は PVC160 mm および PVC225 mm となる。接合井は地上に築造し、Low Area2 に送水するためのポンプ室を隣接して建設する。ハワエリア・システムにおける地下水送水管は表-3.22 の通りである。

**表-3.22 ハワエリア・システムにおける新設地下水送水管**

口径(mm)	管材質	延長(m)
225	PVC	358
160	PVC	916
	合計	1,274

**c) 送水ポンプ**

送水ポンプ室（床面積 36 m<sup>2</sup>）は、送水ポンプを 2 台（運転 1 台、予備 1 台）設置する。ポンプ形式は横軸渦巻ポンプとする。ポンプ容量は 1.21m<sup>3</sup>/分、揚程 80m、出力 45kw である。

**d) 送水配管**

上記送水ポンプから、PVC 管径 225 mm、延長約 760 m を埋設配管し、配水池 Low Area 2 へ送水する。送水管のルートは、郊外道路及び、茶畑山の作業道となる。茶畑の作業用道路に布設する管路は、雨期における表流水用の送水管路と兼用する。

## (2) 送・配水施設

### 1) 水質

開発調査で水質分析を行った既存の9つの表流水源および2つの地下水源について、本調査において確認のため再度水質分析を行った。NWSDBの配水水質基準はWHOガイドラインを満足することとなっているが、結果は表-3.23の通りであった。全大腸菌群、糞便性大腸菌のWHO飲料水水質ガイドライン値(以下、ガイドライン値)は100ml中に検出してはならないとされているが、今回の水質分析結果では7ヶ所で全大腸菌群が検出され、3ヶ所で糞便性大腸菌群が検出された。これらは塩素消毒を適正に行うことにより基準値をクリアすることができる。

なお、本調査における9ヶ所の表流水源でのサンプリングは降雨時に行われたものであるが、社会開発時の雨期の分析結果同様にいずれも濁度は低かった。ヌワラ・エリヤ市水道局によると降雨時にペドロ水源の濁度が高くなる場合があるが、その際は開発調査で述べられているように、ビクトリア公園付近に設置されている圧力式ろ過設備で処理を行うこととする。また、社会開発調査時に行われた、ゴルフコース試験井における水質分析結果を併せて、表-3.23に示すが、他の表流水系水質分析よりも、高い分析結果を示している水質項目があるが、水道水源として問題は無いと判断される。濁度が基準値と同等のレベルであるが、裂隙水の場合濁度が高いことはあまり考えられないので、これは試験井の洗浄が不十分であったことも考えられる。

以上より既存表流水源および地下水源を水道水源として使用するに際し、常時は塩素消毒のみを行うこととする。

表-3.23 (1) 水質測定結果

Item	Temp.	Turb.	Color	pH	Cond.	TDS	SS	Alkalinity	BOD <sub>5</sub>	KMnO4 消費量	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Unit	°C	NTU	TCU	-	μ s/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
WHO Guideline	-	5	15	-	-	1000	-	-	-	-	-	3	50	-
1	Bambarakele	18.0	0.98	11	8.60	1.1	18	<1	20	0.93	3.20	0.01	0.004	0.60
2	Shanthipura	17.0	0.77	0	9.00	1.5	22	<1	36	1.74	1.50	0.02	0.004	1.40
3	Pedro	15.0	0.43	2	9.20	17.0	36	<1	22	0.45	3.00	0.05	0.003	0.90
4	New Water Field	17.0	1.55	15	9.60	1.6	26	<1	12	1.46	5.30	0.01	0.007	0.60
5	Old Water Field	15.0	0.74	10	9.10	25.0	28	<1	42	2.01	4.00	0.02	0.005	0.50
6	Piyatissapura	19.0	1.23	0	8.70	1.7	72	1.4	24	0.00	5.10	0.01	0.004	0.60
7	Brewery	15.0	0.75	12	8.70	55.0	44	<1	42	1.15	6.30	0.02	0.000	0.70
8	Gamunu	15.0	0.63	14	8.90	50.0	46	<1	14	0.85	8.00	0.02	0.011	0.80
9	Lover's Leap	16.0	1.04	14	8.30	11.0	72	<1	12	5.40	5.80	0.00	0.004	0.60
G1	Bonavista	18.6	0.36	0	8.80	225.0	174	<1	288	0.40	1.00	0.00	0.007	1.20
G2	Upper Lake	18.0	0.10	7	7.40	85.0	75	<1	93	1.60	0.90	0.00	0.003	1.80
G3	Golf Course	17.3	5.00	NA	9.40	230.0	115	NA	151	NA	NA	0.05	0.090	2.38

Item	T Phos.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CN <sup>-</sup>	Fe	Mn	F <sup>-</sup>	As	Cr	Cu	Cd	Hg	Pb	T Coli*	F coli*
Unit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	CFU/100ml	CFU/100ml
WHO Guideline	-	-	0.07	0.3	0.5	1.5	0.01	0.05	2	0.003	-	0.01	-	ND
1	Bambarakele	0.51	0.0	ND	0.08	0.000	0.27	ND	<0.02	0.0	ND	ND	ND	4.0E+00
2	Shanthipura	0.10	1.0	ND	0.01	0.000	0.00	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	ND
3	Pedro	0.01	1.0	ND	0.01	0.001	0.00	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	1.2E+02
4	New Water Field	0.03	1.0	ND	0.04	0.000	0.12	ND	<0.02	0.0	ND	ND	ND	2.0E+01
5	Old Water Field	0.01	4.0	ND	0.02	0.000	0.35	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	2.2E+01
6	Piyatissapura	0.68	1.0	ND	0.03	0.000	0.12	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	ND
7	Brewery	0.05	1.0	ND	0.08	0.210	0.21	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	7.8E+01
8	Gamunu	0.01	1.0	ND	0.04	0.000	0.05	ND	<0.02	0.0	ND	ND	ND	5.0E+00
9	Lover's Leap	0.04	0.0	ND	0.06	0.013	0.17	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	1.6E+01
G1	Bonavista	1.84	5.0	ND	0.02	0.002	0.15	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	4.5E+01
G2	Upper Lake	0.07	4.0	ND	ND	0.000	0.33	ND	<0.02	ND	ND	ND	ND	ND
G3	Golf Course	NA	2.0	ND	ND	ND	0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.0E+01

Note: ND - Not detected, NA - Not Available, ハイフン(-)は基準なし

表 3.23 (2) 水質測定結果 (農業関連)

Item	d HCH	Aldrin	Dieldrin	DDT	Malathion	Parathion	Alachlor
Unit	mg/l	μ g/l	μ g/l	mg/l	mg/l	mg/l	μ g/l
WHO Guideline	-	0.03	0.03	2	-	-	20
1	Bambarakele	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	Shanthipura	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	Pedro	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	New Water Field	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	Old Water Field	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	Piyatissapura	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	Brewery	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	Gamunu	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	Lover's Leap	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G1	Bonavista	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G2	Upper Lake	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G3	Golf Course	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Note: ND - Not detected, NA - Not Available, ハイフン(-)は基準なし

なお、Turb、SS、KMnO4消費量そしてCrは2001年12月にサンプリングを行い、日本にて水質測定を行った。

これら以外は2000年9月にサンプリングを行い、スリ・ランカ国にて水質測定を行った。

G1、G2、G3は地下水であり、それ以外は表流水である。

G3は社会開発調査で分析された結果である。

## 2) 給水ブロック

雨期には表流水のみを水源として給水を行い、乾期には不足する表流水量を補うため地下水を用いる。このため雨期と乾期では水源が異なるが、給水ブロックの区分けは季節によらず一定とする。

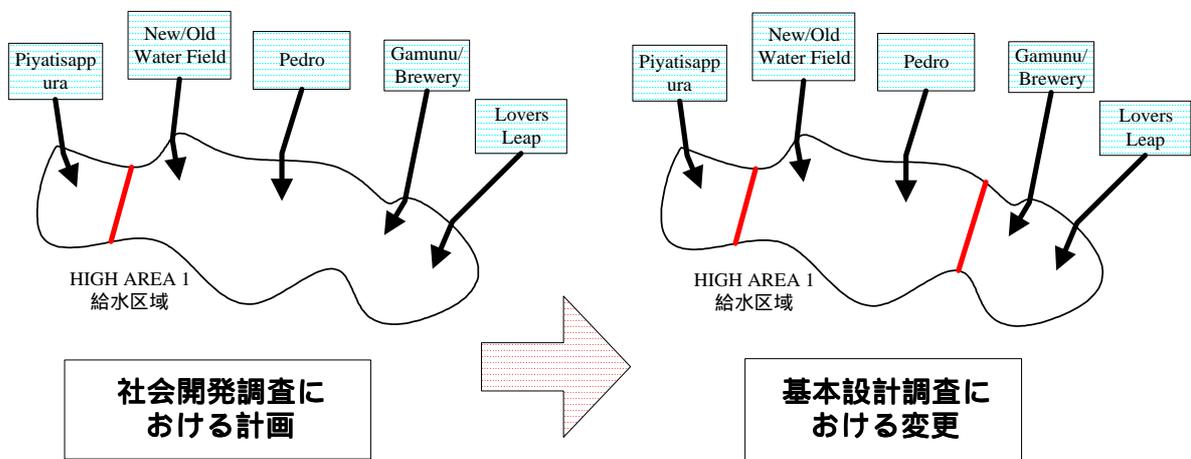
社会開発調査では配水ブロックを高区 1、高区 2、低区 1、低区 2、Bonavista 区の 5 区分ける計画としていた。本計画ではこのうち高区 1 給水ブロックをさらに 3 つの給水サブブロックに分け、各配水ブロックの配水池数を出来る限り減らすことにより、極力シンプルな給水システムとなるよう計画を見直した。これにより各サブブロックに給水する配水池は次の通りとなる。

表-3.24 給水ブロック、配水池、水源の関係

給水ブロック	受け持ち配水池	雨期水源	乾期水源	備考
高区 1-1	Piyatisappura	Piyatisappura 取水から送水	雨期に同じ	
高区 1-2	New Water Field, Old Water Field, Pedro	New Water Field, Old Water Field, Pedro 取水夫々から各配水池に送水	雨期に同じ	
高区 1-3	Gamunu, Lover's Leap	Gamunu, Brewery 取水から Gamunu 配水池に送水、Lover's Leap 取水から Lover's Leap 配水池に送水	雨期に同じ	
高区 2	Naseby	Banbarakele, Pedro 取水から増圧ポンプを経由して送水	既存の Upper Lake Road 井戸から地下水を送水	乾期は既存井戸を利用
低区 1	Haddon Hill	Banbarakele, Pedro 取水から送水	Banbarakele 取水から送水するとともに、ゴルフコースおよびハワエリヤの新規井戸から地下水を送水	乾期は新設井戸を利用
低区 2	Low Area 2	Banbarakele, Pedro 取水から送水	ハワエリヤの新規井戸から地下水を送水	乾期は新設井戸を利用
ボナビスタ	Bonavista	Banbarakele, Pedro 取水から送水	既存の Race Course 井戸から地下水を送水	乾期は既存井戸を利用
ユニークビュー	Unique View	Banbarakele, Pedro 取水から増圧ポンプを経由して送水	Banbarakele 取水から増圧ポンプを経由して送水	乾期にペドロの水源は使用できない
ガムヌブラ	Gemunupura	Banbarakele, Pedro 取水から増圧ポンプを経由して送水	ゴルフコースおよびハワエリヤの新規井戸から地下水を増圧ポンプを経由して送水	乾期は新設井戸を利用
ビジタブラ	Vijithapura	Banbarakele, Pedro 取水から送水	ゴルフコースおよびハワエリヤの新規井戸から地下水を増圧ポンプを経由して送水	乾期は新設井戸を利用

ここでは、給水システムをよりシンプルにすることにより、運転管理がより容易となることを目指した。また、各給水ブロックに対する配水池を一对一の関係にし、年間を通して一定としたことにより、配水量と使用水量をブロック毎に把握し、無収水量の多いブロックを特定することが可能になり、効率的な無収水量削減対策を策定しやすくなることも考慮した。なお、サブブロックの境界位置の設定に留意することにより時間最大時にも負圧が発生しないよう計画を見直した。高区1の分割の概念を給水ブロック変更概念図(図-3.13)に示す。また、新たな給水ブロックの境界を給水ブロック図(図3.14)に示す。

図-3.13 給水ブロック変更概念図



High Area 1 (乾期)

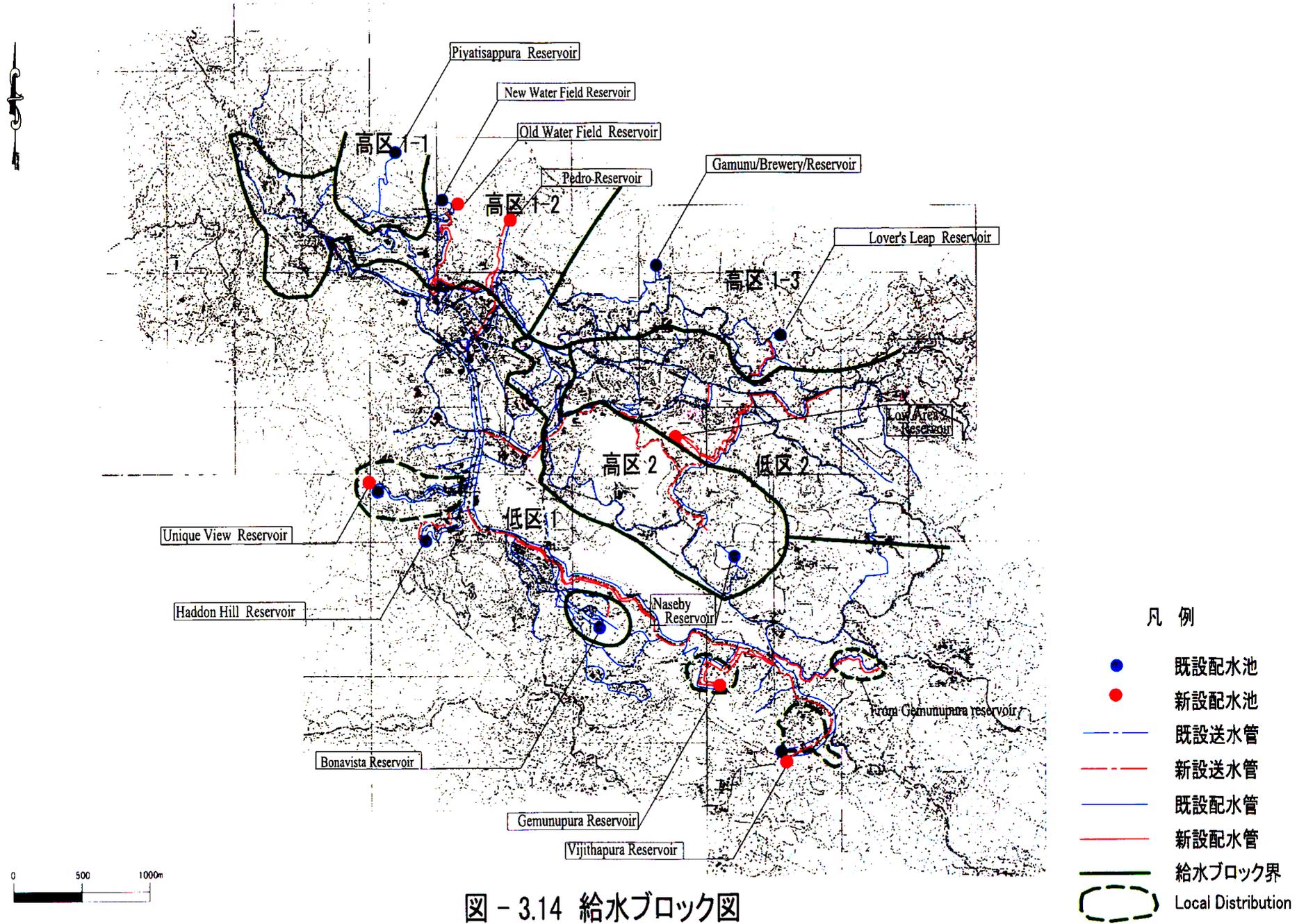
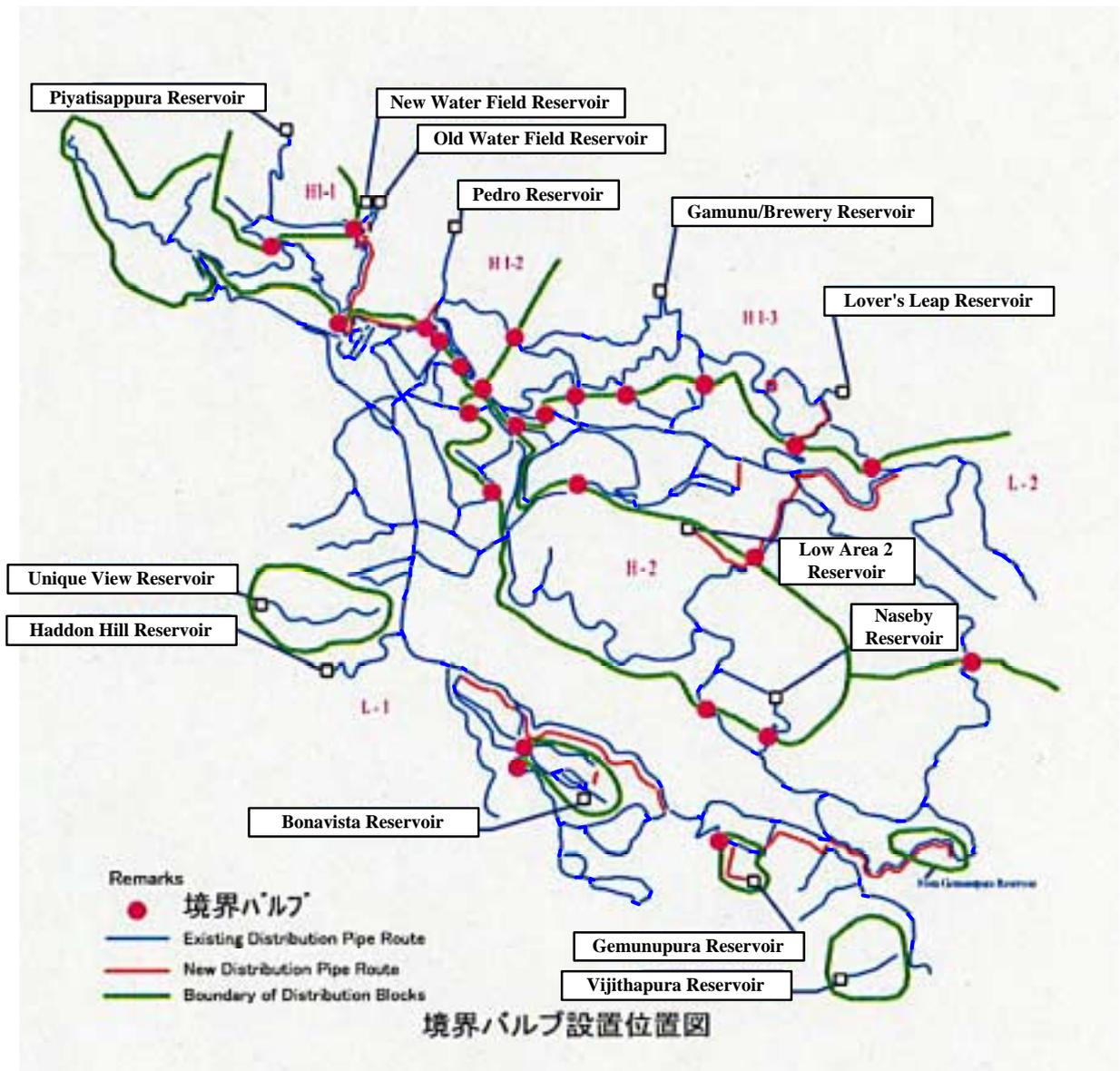


図 - 3.14 給水ブロック図

給水ブロック境界を区切るために、境界線が横断する既存管路に境界バルブを設置してそれを閉止する。設置するバルブを表-3.25 にまとめる。設置位置は下図に示す。

表-3.25 境界バルブ一覧

管径	管材質	箇所数
50	PVC	3
50	CI	1
75	PVC	3
75	CI	1
100	CI	10
100	DCIP	1
110	PVC	1
150	CI	3
160	PVC	1
225	PVC	1



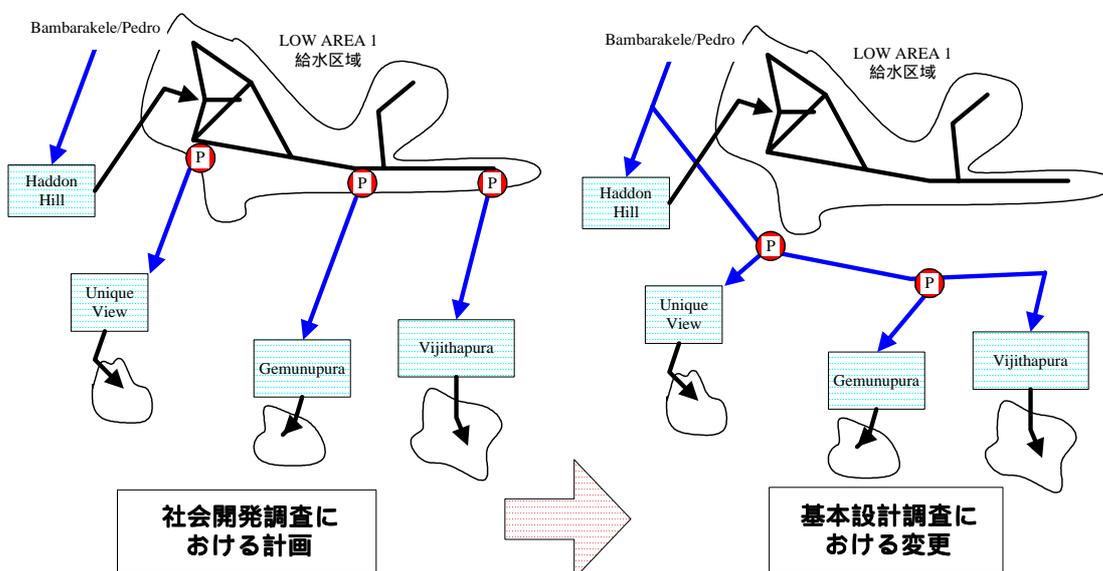
### 3) 送水施設

雨期には豊富な表流水をできる限り自然流下で各配水池に送水する。乾期には不足する水量を地下水で補うために送水系統が変わるが、これは送水施設に設置する連絡バルブの切り替えにより行う。

具体的には、高区 2、低区 2 および Bonavista では雨期は表流水を水源として給水されるが、乾期は地下水のみが水源となる。また、雨期に高区 1-2 と低区 1 に送水をおこなう Pedro 水源は、乾期には著しく水量が減少するため高区 1-2 の配水にのみ使用され、低区 1 は Bambarakere および新たに開発される地下水が水源となる。

社会開発調査では低区 1 の配水管網から Unique View 及び Vijithapura 配水池へ送水する計画となっており、送水の確実性が低くまた配水管内に負圧を生じる可能性も高いため複雑な運転管理を行う必要があった。そこで Bambarakere 及び Pedro の取水地点から両配水池及び新たに追加となった Gemunupura 配水池へ直接送水する送水管を布設し、送・配水管路を分離する計画とすることにより、送水コントロールを簡便におこなえるシステムとした。この考え方を送・配水システム変更概念図(図-3.15)に示す。

図-3.15 送・配水システム変更概念図



Low Area 1 (雨季)

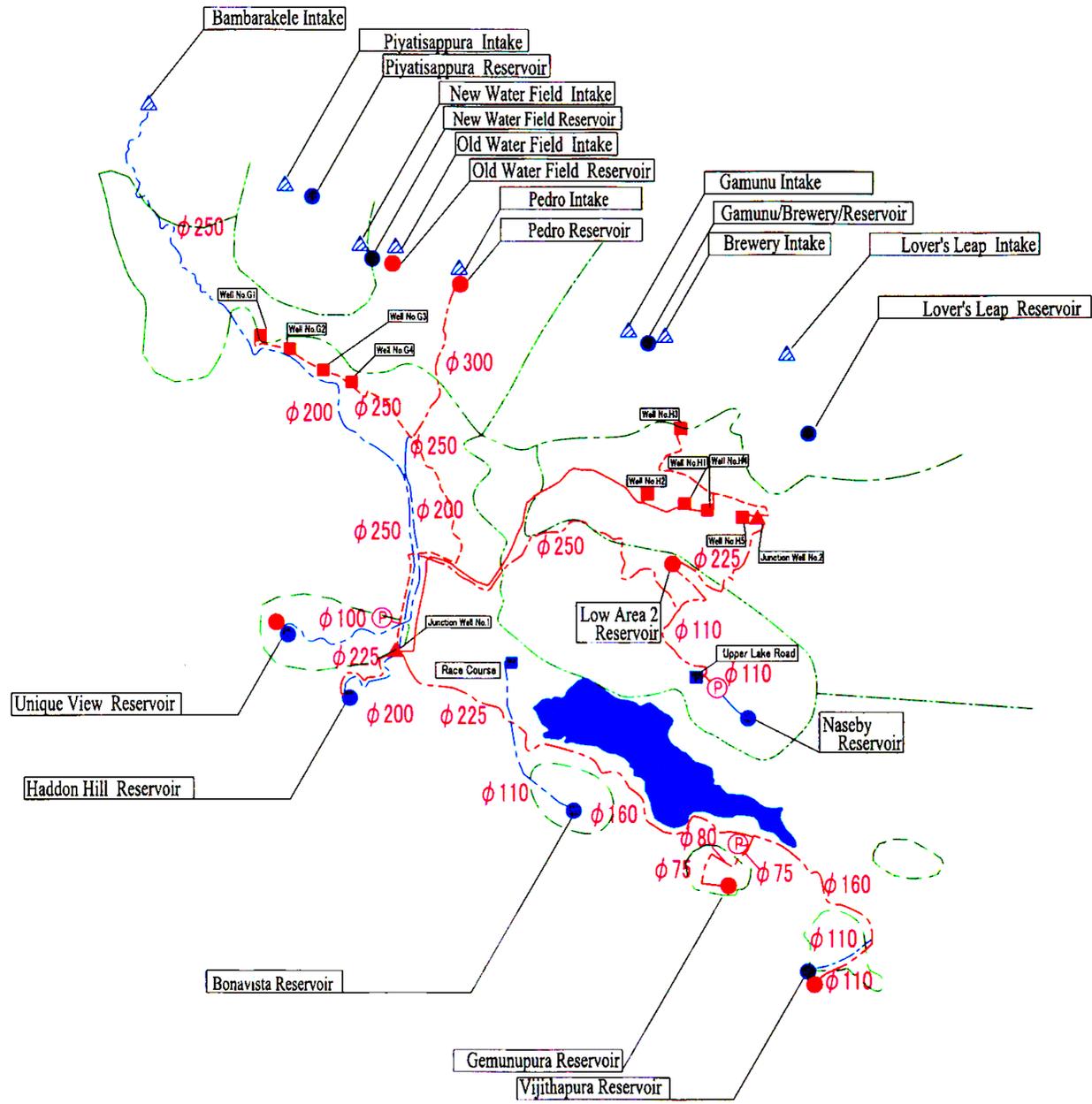
凡例	
	: 送水管路
	: 配水管路
	: 増圧ポンプ

既存送水管を有効に利用することとし、既存の井戸ポンプから Bonavista 配水池と High Area 2 配水池へ配管されている送水管を、雨期には表流水の送水管として用いる計画とした。なお、増強管路の口径と増圧ポンプ揚程等は水理計算により決定した。新設する送水管路の一覧を表-3.26 にまとめる。また、送水施設の位置を図-3.16 に示す。

表-3.26 新設送水管路

口径(mm)	管材質	延長(m)
75	PVC	468
110	PVC	963
160	PVC	1,115
225	PVC	4,252
250	DCIP	2,175
300	DCIP	983
	Total	9,956

送水ポンプについては、3-2-2-3 機材計画にまとめる。



凡例

- 新設地下水送水管
- 既設送水管
- 新設送水管
- 給水ブロック界
- ▲ 取水場
- 既設配水池
- 新設配水池
- 既設井戸
- 新設井戸
- ▲ 新設接合井

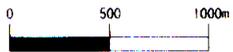


図 - 3.16 送水施設図

#### 4) 配水池

水源水量を考慮した雨期と乾期における一日最大給水量をもとに配水池必要量を求め、既存施設における不足量を新たに建設する配水池容量とした。配水池の有効容量は一日最大給水量の6時間分とした。表-3.27 に各ブロックを分担する配水池とそれらの容量の過不足を示す。

上記の検討の結果、次のとおり6つの配水池が必要になる。

- Old Water Field と Pedro は現在取水施設より直接給水されているが、社会開発調査時に計画されているように、時間変動調整及び施設事故時の対応といった機能を持つ配水池施設を各々新たに建設する。
- 低区2に配水池を新設し新たな給水ブロックへ給水する。
- 将来の需要増加に伴い Unique View 配水池および Vijithapura 配水池の容量を増加させる。
- 標高の高い新規給水区域及び適切な給水圧を確保できずにいたグレゴリ 湖東部の高台へ給水を行うため、Gemunupura 配水池を新設する。

全体の配水システムを図-3.23 配水施設図に示す。また、乾期及び雨期におけるシステムは前出の図-3.4 及び図-3.5 を参照されたい。

増設或いは新設する6箇所の各配水池(Old Water Field, Pedro, Unique View, Vijithapura, Gemunupura, Low Area 2)について、水源及び配水先の接続システムをスキマティック図として、図-3.17 から図-3.22 に示す。

6箇所の配水池のうち、容量の大きな Low Area 2 配水池は維持管理を考慮して2池に分け、他の配水池は1池としてバイパス管を布設する。

また、これら新設する6箇所の配水池のうち Pedro 配水池は高架式配水池とする。高架式配水池は上部水槽と下部脚とも、コスト面、維持管理面、調達のしやすさ等で優れている鉄筋コンクリート構造とした。

なお、配水池建設に必要な用地に関しては、スリ・ランカ側がその収用を進めており、2001年6月の段階では、スリ・ランカ側は実施設計が開始される前の2001年11月までにすべての土地収用が完了するとしている。

表-3.27 水源水量、一日最大給水量および配水池容量

配水池名称と 給水ブロック	水源の名称		水源水量(m <sup>3</sup> /日)			一日最大給水量		配水池容量 (m <sup>3</sup> )			配水池寸法			
			雨期	乾期		2015(m <sup>3</sup> /日)		必要 容量	既存 容量	新規 容量	縦 (m)	横 (m)	深さ (m)	
	雨期	乾期	既存	既存	新規	雨期	乾期							
High Area 1-1														
Piyatisappura	Piyatisappura	Piyatisappura	1,080	255	-	184	184	46	190	-	-	-	-	-
High Area 1-2														
Old Water Field	Old Water Field	Old Water Field	3,050	290	-	423	290	106	0	110	6.4	6.4	2.7	
New Water Field	New Water Field	New Water Field	630	120	-	280	120	70	70	-				
Pedro	Pedro	Pedro	203	651	-	203	496	124	0	130	7.5	7.5	2.4	
High Area 1-3														
Gamunu/Brewery	Gamunu/Brewery	Gamunu/Brewery	2,380	447	-	447	447	112	190	-	-	-	-	-
Lovers Leap	Lovers Leap	Lovers Leap	1,615	255	-	231	231	58	900	-	-	-	-	-
High Area 1 合計			8,958	2,018		1,768	1,768	-	-	-	-	-	-	-
Low Area 1														
Haddon Hill	Bambarakele/Pedro	Bambarakele/New Well	4,635	424	4,211	4,635	4,635	1,159	1800	-	-	-	-	-
Unique View	Bambarakele/Pedro	Bambarakele	903	903	-	903	903	226	40	190	9.4	5.8	3.5	
Vijithapura	Bambarakele/Pedro	New Well	584	0	584	584	584	146	40	110	5.7	3.9	5.0	
Gemunupura	Bambarakele/Pedro	New Well	150	0	150	150	150	38	0	40	4.0	4.0	2.55	
Low Area 1 合計			6,272	1,327	4,945	6,272	6,272	-	-	-	-	-	-	-
Lower Area 2	Bambarakele/Pedro	New Well	1,828	0	1,828	1,828	1,828	457	0	460	10.0	15.4	3.0	
High Area 2(Naseby)	Bambarakele/Pedro	Exisitng Well(Upper Lake Road)	589	600	-	589	589	147	190	-	-	-	-	-
Bonavista	Bambarakele/Pedro	Exisitng Well(Race Course)	243	300	-	243	243	61	110	-	-	-	-	-
合計			17,890	4,245	6,773	10,700	10,700	-	-	-	-	-	-	-

各配水池の池数、容量、構造、工事時のアクセス条件を表-3.28 にまとめる。

表-3.28 配水池一覧

配水池名称	池数	総容量 (m <sup>3</sup> )	新・増設	構造	工事 アクセス
Old Water Field	1	110	新設	地上式・鉄筋コンクリート	悪い*
Pedro	1	130	新設	高架式・鉄筋コンクリート	悪い*
Unique View	1	190	増設	地上式・鉄筋コンクリート	普通
Vijithapura	1	110	増設	地上式・鉄筋コンクリート	悪い*
Low Area 2	2	460	新設	地上式・鉄筋コンクリート	茶畑管理道路
Gemunupura	1	40	新設	地上式・鉄筋コンクリート	悪い*

注) 悪い\* : 車輦による配水池サイトまでのアクセス不可

各配水池流出側には流量計と調整弁を設置して適切な配水コントロール及び配水量の把握を行うことができる施設とする。配水池流出側の配水量把握及び送水管における流量調整のために設置する流量計として、ウォルトマン式流量計を採用することとした。

なお、給水ブロックの見直し等に伴い、Lover's Leap 配水池や Haddon Hill 配水池など、既存の配水池容量が給水量の 6 時間分を大きく超える配水池もあるが、この貯水容量を、上流側事故時等非常時に他ブロックへの応援給水に活用することにより、水道システムの安定性を高めることができる。

図-3.17 オールドウォーターフィールド配水池

- Old Water Field Intakeより表流水の送水を受ける。
- New Water FieldとPedroと共に、高区1 - 2 給水ブロックへの配水を受け持つ。
- 雨期に403m<sup>3</sup>/日、乾期に276m<sup>3</sup>/日の配水量に対応して110m<sup>3</sup>の配水池を新設。

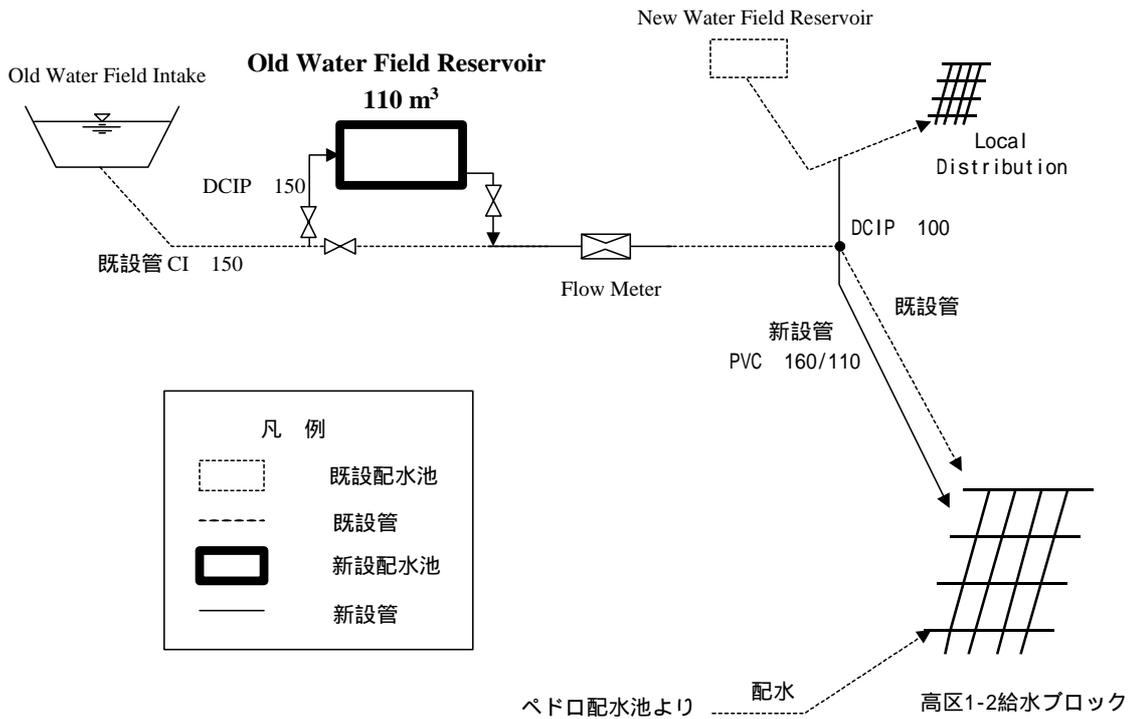


図-3.18 ペドロ配水池（高架水槽）

- Pedro Intakeより表流水の送水を受ける。雨期にはPedro Intakeより高区1以外へ送水する。
- Old/New Water Fieldと共に、高区1-2給水ブロックへの配水を受け持つ。
- 雨期に194m<sup>3</sup>/日、474m<sup>3</sup>/日の配水量に対応して、130m<sup>3</sup>の高架水槽を新設。

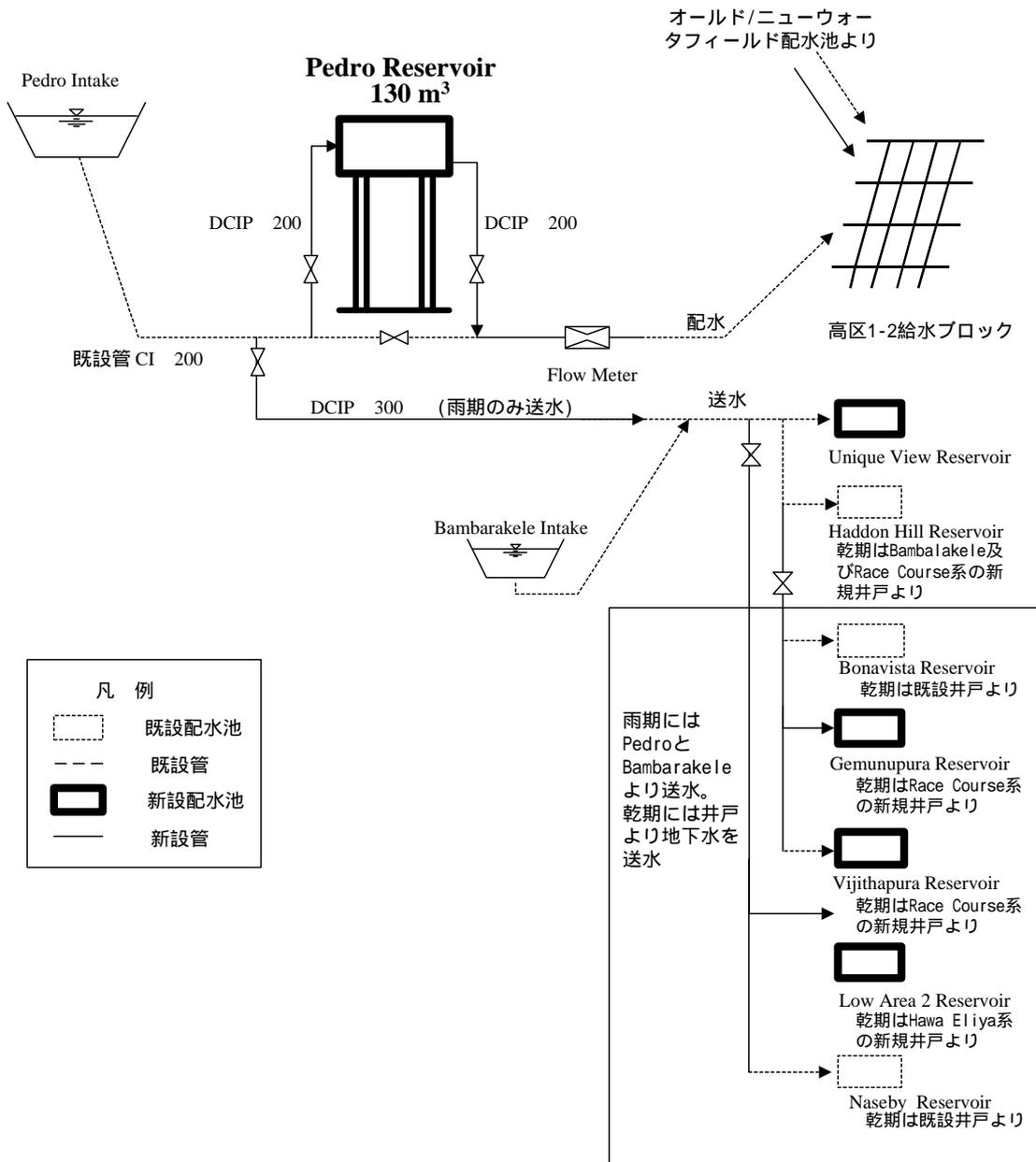


図-3.19 ユニークビュー配水池

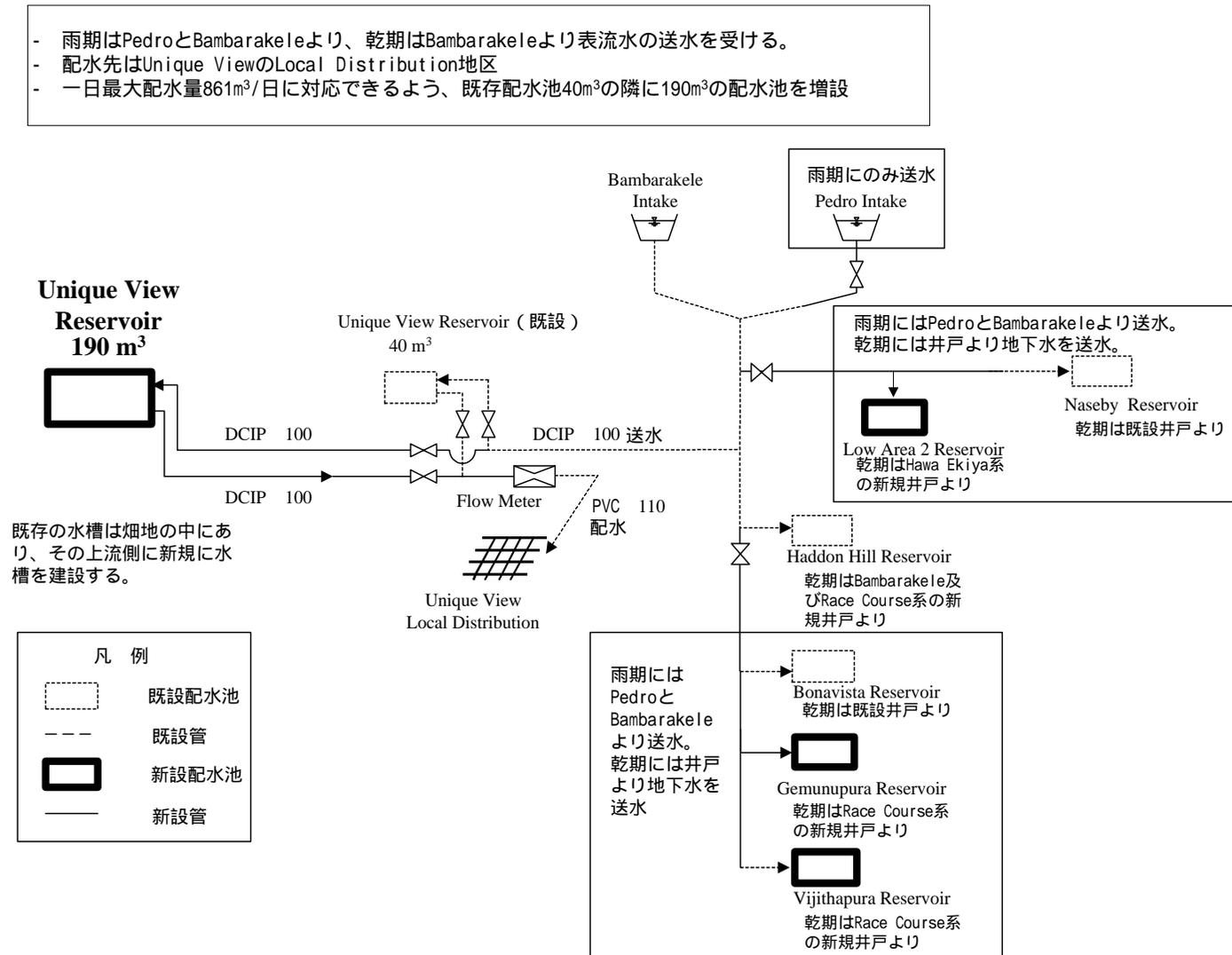


図-3.20 ガムヌブラ配水池

- 雨期はPedroとBambarakeleより、乾期はRace Course系の新規井戸より送水を受ける。
- Gemunupura配水池周り及び低区 1 東側の高台への配水を受け持つ。
- 一日最大配水量143m<sup>3</sup>/日に対応した、容量40m<sup>3</sup>の配水池を新設。

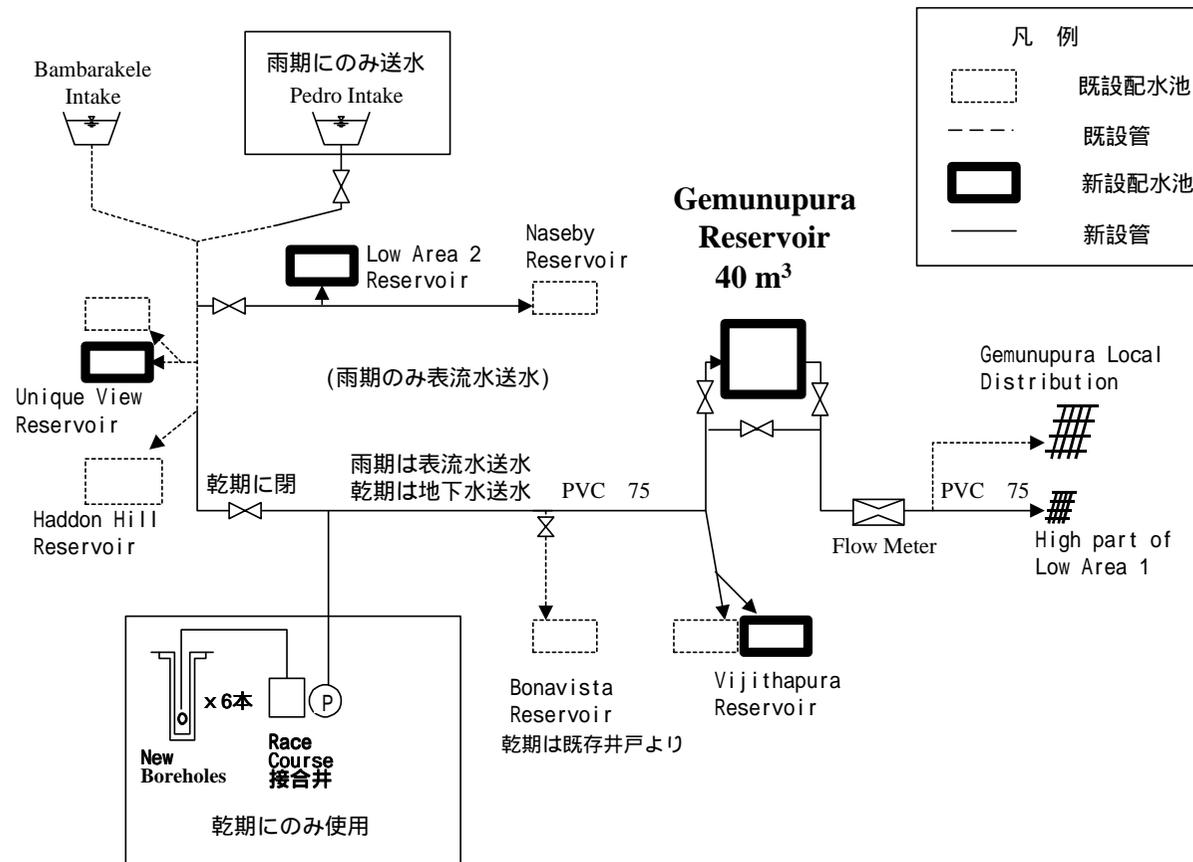


図-3.21 ビジタブラ配水池

- 雨期はPedroとBambarakeleより、乾期はRace Course系新規井戸より送水を受ける。
- 配水先はVijithapuraのLocal Distribution地区
- 一日最大配水量557m<sup>3</sup>/日に対応できるよう、既存配水池40m<sup>3</sup>の隣に110m<sup>3</sup>の配水池を増設。

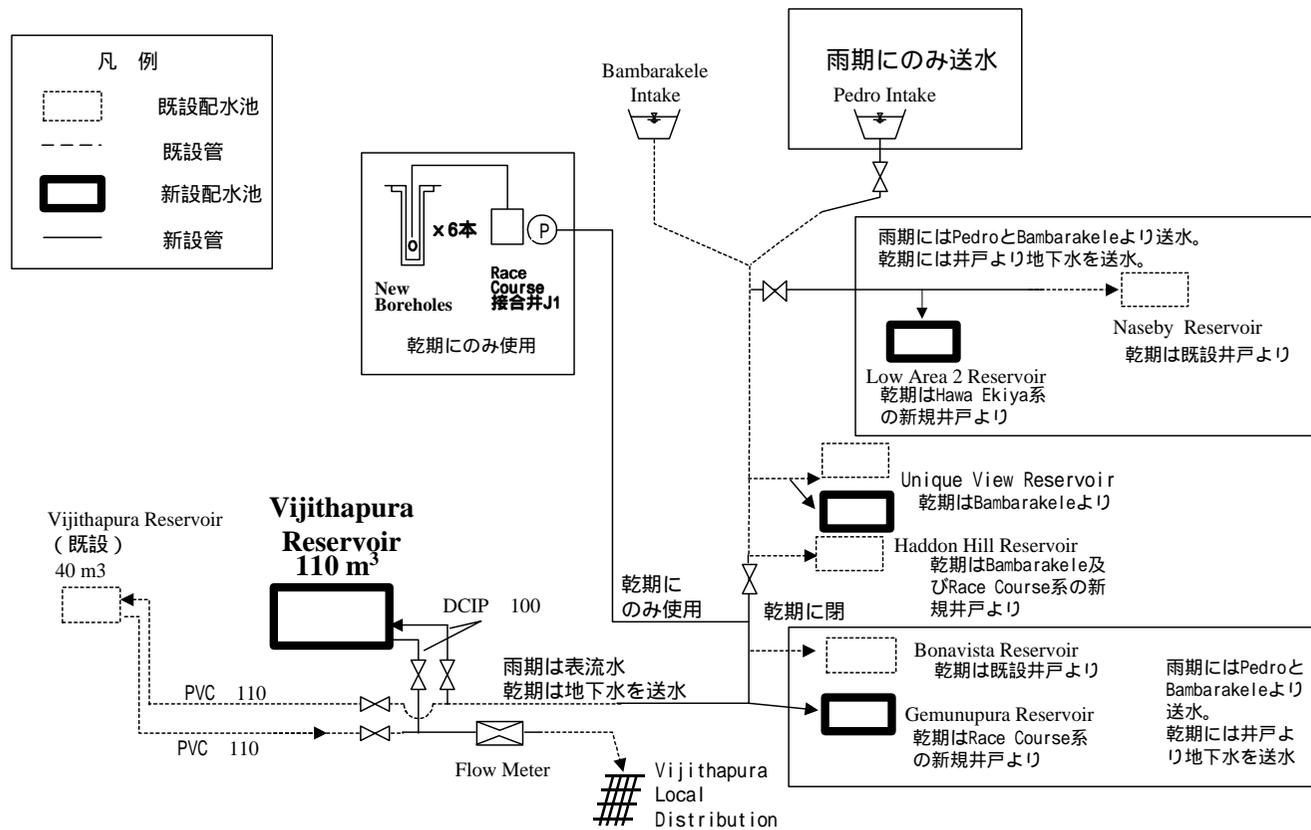
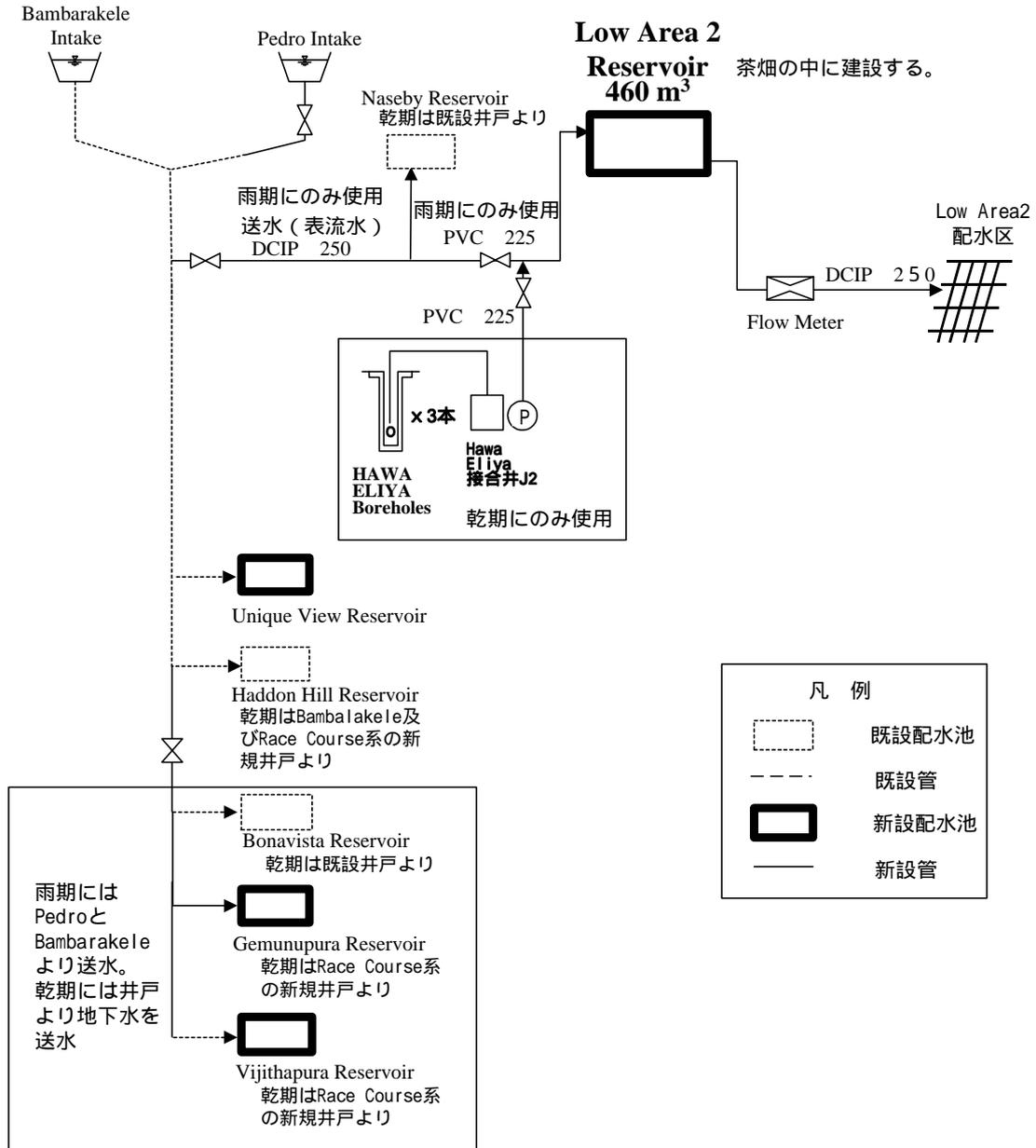


図-3.22 低区 2 配水池

- 雨期はPedroとBambarakeleより、乾期はHawa Eliya系新規井戸より送水を受ける。
- 低区 2 への配水を受け持つ。
- 一日最大配水量1,743m<sup>3</sup>/日に対応した460m<sup>3</sup>の配水池を新設。



## 5) 消毒設備

今回増設される Vijithapura 配水池と Unique View 配水池以外の既存配水池では、ADB プロジェクトにより消毒設備が設置されていた。規模が大きく道路の整備されている Haddon Hill 配水池では液化塩素注入設備が設置され、他の配水池には次亜塩素酸カルシウム(高度さらし粉)注入設備が設けられている。現在塩素注入が適切に行われていないものの、各消毒施設の状況は良好であった。塩素注入が適切に行われない理由の一つは、塩素剤の各配水池への搬入、溶解作業等をどの職員が定期的にとどのようなシフトで行うのか、職掌と責任の所在が明確でないことに起因している。そこで、本計画ではこのような問題を解決するため、各配水池毎の担当者を明確にする水道局組織の改編を提案しており、これによって問題解決を図ることが可能であると考える。

本計画で新規に建設される配水池 4 箇所及び増設される 2 箇所の配水池(Vijithapura 及び Unique View)では、それぞれに塩素消毒施設が必要であるため、6 箇所の塩素消毒施設を本基本設計に含めることとする。

一般に水道で用いられている塩素剤には液化塩素、次亜塩素酸ナトリウムおよび次亜塩素酸カルシウム(高度さらし粉)がある。小規模施設に適すること、車輛の通行できない配水池にも運搬することができること、既存の他配水池で使用されていること等から、次亜塩素酸カルシウムを新規配水池にも用いることとする。

また、塩素注入方式としては、既存施設と同様に滴下式を採用するものとする。各配水池の上床板上に注入棟を建設し注入設備を設置するとともに、さらし粉貯蔵室を隣接して建設する。

## 6) 配水管

### a) 配水管

需要者が適正な水圧で給水を受ける(過小な動水圧の防止)ことができ、漏水量を削減する(過大な静水圧の抑制)ためには水圧の均一化を図ることが重要である。そこで適切な給水ブロックを設定し、給水ブロック内の配水管を増強して配水管網の整備を行う計画とした。社会開発調査時と同様に、まず 2015 年の時間最大給水量時の雨期と乾期について水理解析を行い、配水管の補強箇所及びその口径を決定した。次に本基本設計の目標年度である

表-3.29 新設配水管路長

口径(mm)	管材質	延長(m)
75	PVC	2,600
110	PVC	1,396
160	PVC	1,686
225	PVC	455
100	DCIP	100
250	DCIP	939
	Total	7,176

2005年の時間最大時について照査を行い、フェーズ1では必要のない(フェーズ2で必要となる)管路を除外して、基本設計調査に取り込む布設範囲を選定した。

配水管の布設個所を図-3.23 配水施設図に、新設する配水管の口径別延長を表-3.29 に示す。

なお、給水ブロックの見直し、送・配水施設の分離及び配水管網整備の見直しを行ったことにより、社会開発調査における解析で一部地区において生じていた水圧不足(負圧)は解消された。

#### b) 最適管種の選定

スリ・ランカの上下水道公社 NWSDB では原則として 225mm 以下の口径については現地で生産している uPVC を使用し、250mm 以上の口径については輸入したダクティル鑄鉄管を使用している。

NWSDB の管種選定は適切であると考えられ、これを変更する理由は見当たらないため、本基本設計調査でも以下の管種を用いることとする。

250mm 以上の場合、ダクティル鑄鉄管 (DIP)

250mm 未満の場合、塩化ビニル管(uPVC)

但し、河川横断や急峻部などの特殊な個所についてはダクティル鑄鉄管を用いることとする。

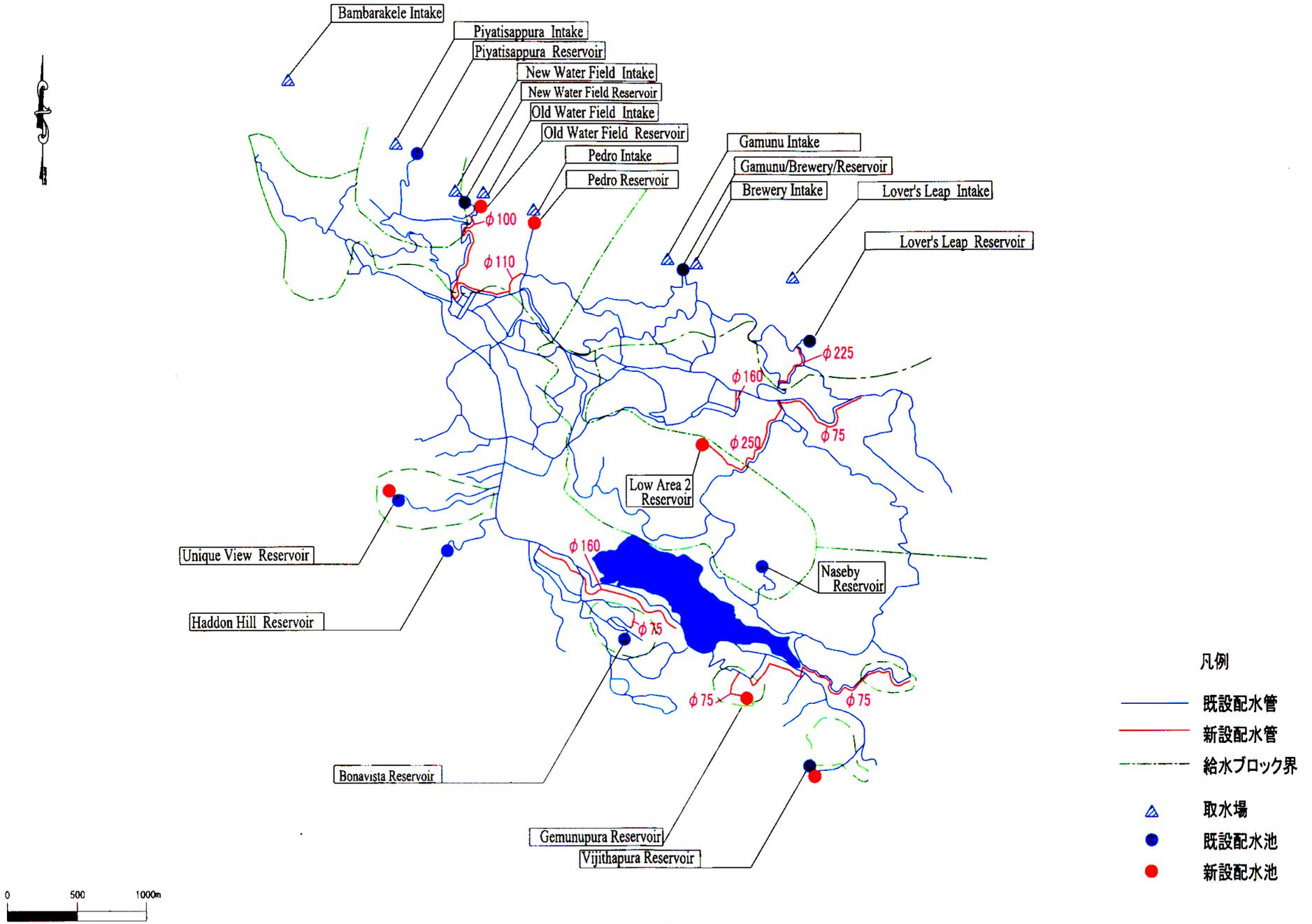


図 - 3.23 配水施設図

c) 既存バルブ改修工事

配水管路システムに存在するバルブの中には、弁筐がなく道路舗装の下に埋設しているため開閉作業が出来ないものがある。また、バルブそのものも破損しているものがある。このために、漏水修理等の管路の修復作業を行う場合、断水作業に非常に時間がかかる上に、断水地域も広範囲にわたることとなる。漏水削減作業を円滑に行うことが出来るようにするため、表-3.30 に示すこれらの既存バルブの改修工事を行うこととする。また、改修バルブの位置は下図に示すとおりである。

表-3.30 既存バルブ改修工事一覧

管径	管材質	箇所数	備考
100	CIP	3	弁筐設置
150	CIP	3	弁筐設置
160	PVC	1	弁筐設置
225	PVC	3	弁筐設置
300	CIP	1	弁筐設置・弁の取り替え

既存バルブ改修位置図



d) **漏水多発管の改修**

Lovers Leap 配水池近傍の配水本管(CIP 口径 225mm)では、地盤の移動(斜面における慢性的で極めて緩やかな地すべり)により管継ぎ手部が開くことにより、漏水が頻発している。ヌワラ・エリヤ市では修理を繰り返しているものの、根本的な解決策とはならないため漏水の発生を防止することが出来ずにいる。このままでは将来にわたり多量の漏水量が見込まれるため、無収水量削減対策として、地盤の移動している地域を迂回する配水管(PVC 口径 225mm、約 460m)を布設し、既設管を閉止することとした。このような地盤の挙動が観察されているのは、この地点だけである。

7) **給水施設**

現在の給水栓数は 4,335 栓 (2000 年 9 月時点) であり、目標年度である 2005 年には給水栓数が約 5,200 栓に増加する。増加栓数は約 900 栓である。現在新規給水栓は、加入者が水道加入料金 Rs.4,500 を支払うこととなっており、水道局はこの資金で新規給水栓の材料を購入し、布設することになる。水道局が新規給水栓の材料を購入する際の費用は合計 Rs.2,760 であり、この内、Rs.1,850 が水道メーターの費用である。この材料費の他に工事費がかかるが、新規加入料金 Rs.4,500 の中で賄える費用であり、新規給水栓の布設に関する予算については問題ないと言える。よって、本プロジェクトに今後目標年度まで増加する給水栓の材料及び設置コストは含めないこととする。

3-2-2-3 **機材計画**

1) **井戸ポンプ**

乾期には、低区 1 および低区 2 への給水を行うため、井戸より揚水し、その地下水を接合井まで送る井戸ポンプが必要となる。井戸ポンプとしては、水位変動に対する運転の柔軟性(取水の確実性)が高く比較的費用の安い水中ポンプを使用する。井戸ポンプの仕様、数量を表-3.31 に示す。

表-3.31 井戸ポンプ一覧

ポンプ場	仕様	台数
Race Course 系 (Hawa Eliya より)	0.56 m <sup>3</sup> /m x 55 m x 11 kw x 3000rpm	1 台
	0.56 m <sup>3</sup> /m x 50 m x 11 kw x 3000rpm	1 台
Race Course 系 (Golf Course より)	0.56 m <sup>3</sup> /m x 30 m x 5.5 kw x 3000rpm	4 台
Hawa Eliya 系 (Hawa Eliya より)	0.56 m <sup>3</sup> /m x 30 m x 5.5 kw x 3000rpm	3 台

井戸ポンプは地下水を汲み上げ供給するという重要な役割を持つものであるため長時間の運転にも十分耐え、維持管理に手間がかからない信頼性の高いポンプを選定することが重要である。信頼性に欠けるポンプを選定すると摩耗や故障などにより部品交換の頻度が多くなり維持管理に手間がかかったり飲料水の供給が停止したりすることがある。また、交換部品の調達が増え維持管理費が高くなるというデメリットもある。したがって、スリ・ランカ及び第3国に比べて、性能・品質面に優れ信頼性が高く、また納期の確実な日本製を採用する。

## 2) 送水ポンプ

乾期に、低区1および低区2の接合井に集めた地下水を、さらに各配水池までポンプ圧送する計画とした。低区1では、雨期に使用する送水管路を有効活用し、Haddon Hill 配水池向けと、Gemunupura 配水池及び Vijithapura 配水池向けの2系統のポンプを設置することとした。低区2では、Low Area 2 配水池向けの送水ポンプを設置する。ポンプ形式は全て横軸渦巻ポンプとする。それぞれのポンプ詳細、数量を表-3.32に示す。

表-3.32 送水ポンプ一覧

ポンプ場	仕様	台数
Haddon Hill	2.74 m <sup>3</sup> /m x 60 m x 55 kw x 1500rpm	2 台(運転 1 台、予備 1 台)
Gemunupura/Vijithapura	0.49 m <sup>3</sup> /m x 75 m x 15 kw x 1500rpm	2 台(運転 1 台、予備 1 台)
Low Area 2	1.21 m <sup>3</sup> /m x 80 m x 45 kw x 1500rpm	2 台(運転 1 台、予備 1 台)

接合井よりの送水ポンプとしては、維持管理が容易で世界中で一般的に使用されておりコストの安い横軸渦巻きポンプを使用する。

送水ポンプも井戸ポンプ同様、長時間の運転に十分耐え、維持管理に手間がかからない信頼性の高いものを選定することが重要である。摩耗や寿命によりポンプの部品を交換する場合、

当地では部品の調達に時間を要したり、予算的な問題から部品の購入がされず交換されないことが往々にしてある。これらの問題を避けるためポンプは出来るだけ部品交換などをしなくても長時間の運転に耐えうるものとする必要がある。材質を標準品よりグレードの高いものにより部品が摩耗しにくくなり維持管理の手間も省け、費用も低減出来る。そのうえで予備品も標準よりも多めにすることにより長期間の安定した運転が可能になる。

また、電圧変動が大きいなどの現地電力事情を考慮すると、送水ポンプの電動機の絶縁階級は標準品よりもグレードの高いクラスを採用すべきである。通常、標準品の絶縁階級は E 種であるが B 種以上の採用を検討する。さらに停電の頻度が多い場合には、運転、停止の繰返しにより電動機が過熱し焼損することがあるので電動機にサーモスイッチを装備し過熱対策をすることも検討する。これらの事情から送水ポンプも信頼性が高く、品質に優れた日本製を採用する。

### 3) 送水増圧ポンプ

雨期には表流水のみを利用し、最大限自然流下で送水を行うものの、一部で水圧不足を補うために、管路に増圧ポンプを設置する必要がある。具体的には、Unique View 配水池、Naseby 配水池、及び今回新規に計画に取り込まれた Gemunupura 配水池向けに増圧ポンプが必要となる。しかし、送水管を配水管から独立させる計画としたことにより、Vijithapura 配水池に送水するために社会開発調査で計画されていた増圧ポンプは不要となる。また、乾期には、地下水を利用する Naseby 配水池及び Gemunupura 配水池向けにはこれら送水増圧ポンプを使用せず、Unique View 配水池向けの送水増圧ポンプのみを使用する。ポンプ形式は全て横軸渦巻ポンプとする。それぞれのポンプ詳細、数量を表-3.33 に示す。

表-3.33 送水増圧ポンプ一覧

ポンプ場	仕様	台数
Unique View	0.60 m <sup>3</sup> /m x 75 m x 15 kw x 3000rpm	2 台( 運転 1 台、予備 1 台 )
Gemunupura	0.10 m <sup>3</sup> /m x 25 m x 2.2 kw x 1500rpm	2 台( 運転 1 台、予備 1 台 )
Naseby	0.39 m <sup>3</sup> /m x 25 m x 3.7 kw x 3000rpm	2 台( 運転 1 台、予備 1 台 )

送水系統の増圧ポンプは、管路における残存水頭を有効に利用するため、管路途中に取り付けて増圧を行う形式とする。

ここで、ポンプの停止に伴うウォーターハンマー対策として Unique View 配水池への増圧ポンプには、ハズミ車などを設置して 1kgf-m<sup>2</sup> 程度の GD<sup>2</sup> を確保することとした。ポンプ形式

としては、水撃圧対策の容易な横軸渦巻きポンプを採用する。

送水増圧ポンプは管路に残存している水頭を利用するため揚程が変化するが、この変化に対応して安定した送水が出来ることが要求される。したがって、採用するポンプはウォーターハンマー対策が出来、また変化する運転条件にも対応できるものとするため信頼性の高い日本製とする。

#### 4) 動力制御盤

本工事で納入するポンプの動力制御盤は当地の電力事情から計画、設計に当たっては下記の対策を考慮することが必要である。

- 1) 電源の電圧変動が大きいため、許容される電圧変動幅以上の電圧になった場合に電源供給を遮断するリレーを装備する。
- 2) 電源の欠相、逆相對策として欠相、逆相リレーを装備する。
- 3) 落雷などによる瞬時停電時の対策として瞬停用リレーを装備し、停電前の状態に保持する。
- 4) 力率改善用コンデンサを装備し消費電力を低減する。
- 5) 当地は日本の3相3線式と異なり3相4線式が採用されているため、これに対応した配電方式を採用する。
- 6) 制御用電圧は230Vまたは240Vであるため、これに対応した制御器具を採用する。
- 7) 電力会社から供給された電源管理のために受電用器具(遮断器、電圧計、電流計、電力量計、避雷器など)を盤に装備する。
- 8) 容量の大きなポンプについては特に使用されるトルク等を検討して始動電流を抑える方法を採用する。

したがってこれらの対策に対応できる信頼性の高い電気品が入手でき、設計的にも品質的にも信頼性の高い日本製品を採用する。

#### 5) 水道メータおよびメータテストベンチ

既存の水道メータの状況について調査を行った結果、正常に作動しているメータは全体(4,335 栓)の82.3%(3,567 栓)に留まっている。また、正常に作動しているメータについてもその精度について検定されることは無い状況である。そこで、無収水削減のために、

- 約800個におよぶ不良メータの取り替え(メータ材料のみ)
- メータの精度を確認・調整する施設(メータテストベンチ)

をプロジェクトスコープに含めることとする。

供与されたメータはヌワラ・エリヤ市水道局により順次取り替えが行われる。メーターテストベンチの使用については、現地水道局職員は経験がないので、トレーニングが必要である。トレーニング方法として、コロンボ水道局には既に、メーターテストベンチが設置されているので、ヌワラ・エリヤの水道局職員がコロンボ水道局に出向きトレーニングを受けることが可能である。

## 6) 施工方法

### a) 機材の現場搬入

現場の倉庫または資材置場に保管された機材は現場までのアクセスに応じ、トラック、人力などにより所定の設置位置まで搬入される。

### b) 設置手順

機材の設置けに当たっては工事経験を有する日本人技術者を常駐させ品質の確保、工程管理、安全管理などを行うことを想定する。機材の設置は下記の要領にて行うこととする。

### 土木構造物の寸法確認

設置着手前に完成された土木構造物の寸法を測定し、機材の設置位置との照合を行い機材設置図と誤差を確認する。この時、必要に応じて設置位置を調整する。

### 基礎製作

鉄筋コンクリートにより機材の基礎を製作する。

### 機材の設置

#### i) ポンプ

製作された基礎の上にポンプを仮置する。ポンプベースの水平度はライナーにより調整を行う。水平度はフランジ面などの機械加工面に気泡式水準器などを使用して確認する。次にポンプベースのエレベーションはポンプの吸込・吐出フランジのレベルを測定することにより行う。設置位置については吸込・吐出配管の通り芯、建屋との位置関係を確認する。ポンプの芯出しはダイヤルゲージなどにより確認を行うこととする。

#### ii) タンク

基礎の上にタンクを仮置し、ライナーにより水平度を調整し水準器により水平度を確認する。その後、基礎ボルトを固定する。

iii) 盤

基礎の上に仮置しライナーなどにより水平度を調整して設置することとする。

**設置検査**

設置完了後に機材の水平度、垂直度、芯ずれなどの設置精度を確認する。

c) 試運転

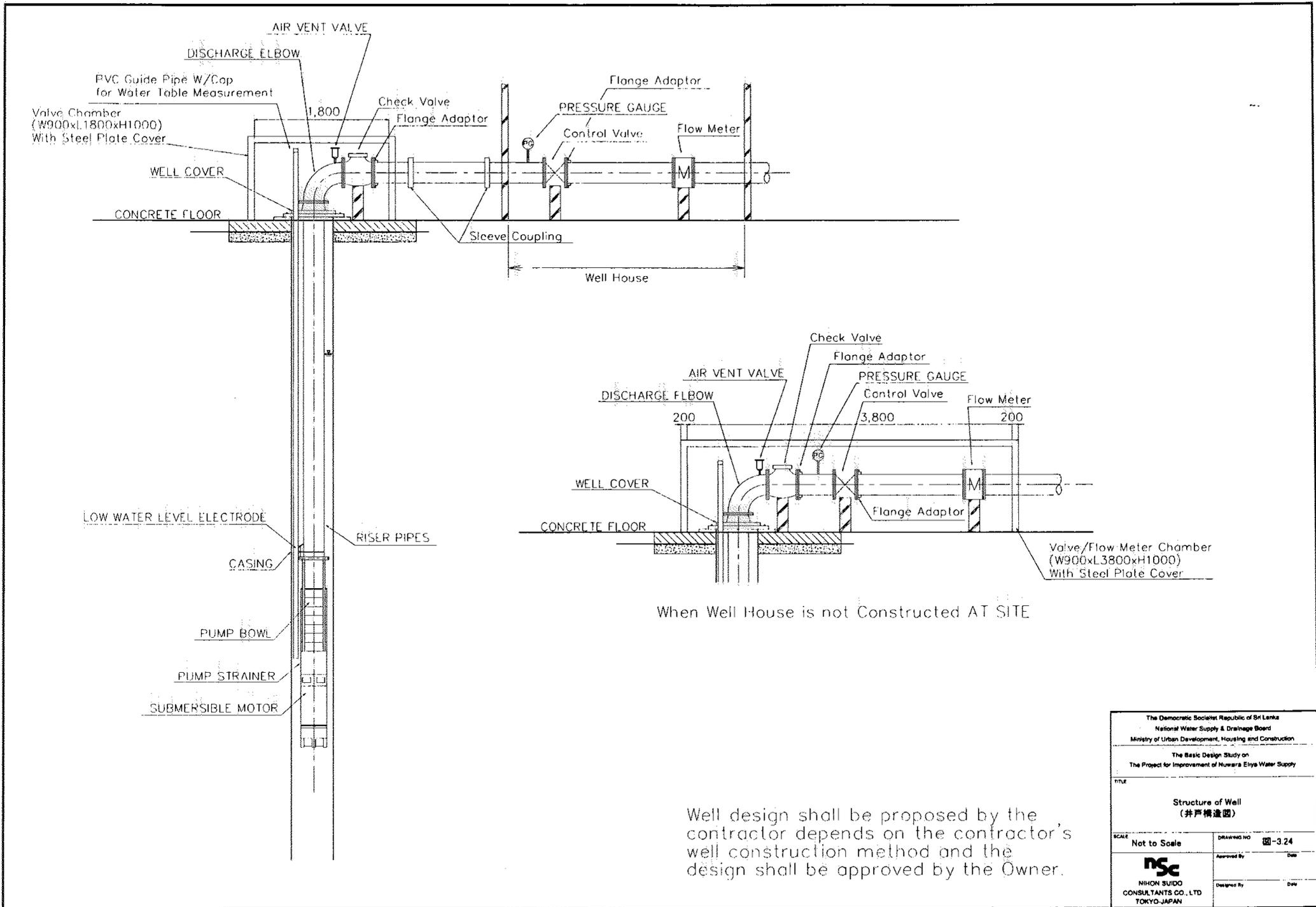
設置検査完了後に試運転を行う。ポンプは回転方向のチェック、運転時の電流、電圧のチェックなどを行うこととする。

**3-2-3 基本設計図**

以下に代表的な構造図を載せる。

図面リストは以下の通りである。

- 図-3.24 井戸構造図
- 図-3.25 井戸ポンプ棟
- 図-3.26 接合井構造図 (Hawa Eliya)
- 図-3.27 接合井構造図 (Race Course)
- 図-3.28 Race Course ポンプ室
- 図-3.29 送水増圧ポンプ棟 (Gemunupura)
- 図-3.30 送水増圧ポンプ棟 (Nasby)
- 図-3.31 配水池構造図 (Old Water Field)
- 図-3.32 配水池構造図 (Pedro)
- 図-3.33 配水池構造図 (Low Area 2)
- 図-3.34 配水池構造図 (Unique View)
- 図-3.35 配水池構造図 (Gemunupura)
- 図-3.36 配水池構造図 (Vijithapura)
- 図-3.37 塩素注入棟構造図
- 図-3.38 水管橋構造図

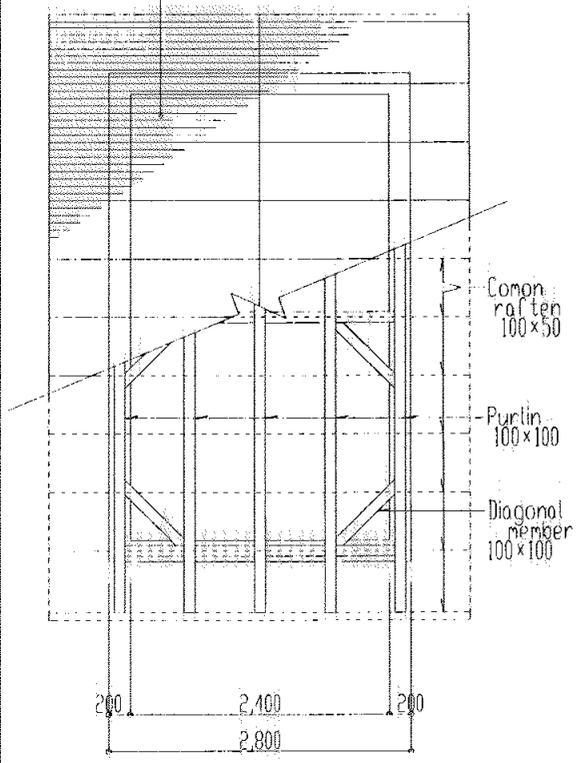


When Well House is not Constructed AT SITE

Well design shall be proposed by the contractor depends on the contractor's well construction method and the design shall be approved by the Owner.

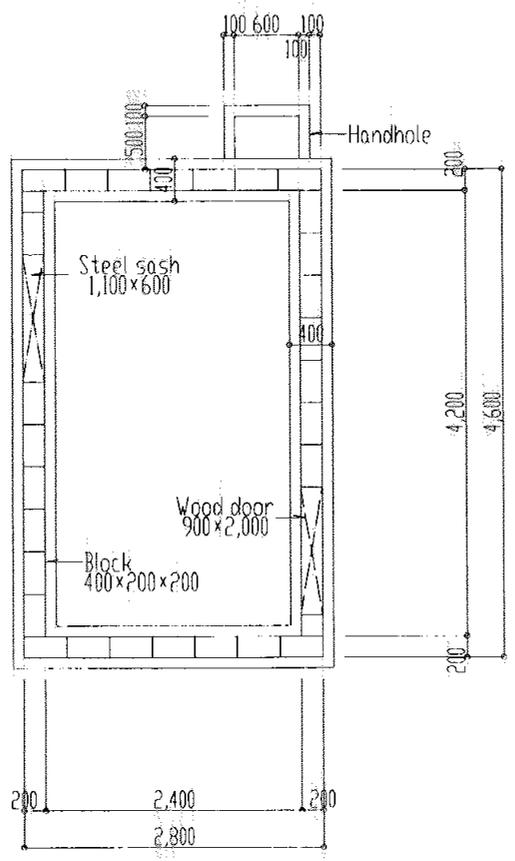
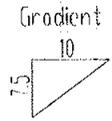
The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE  Structure of Well (井戸構造図)	
SCALE Not to Scale	DRAWING NO. 図-3.24
 NISC NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD TOKYO, JAPAN	
Approved By	Date
Designed By	DWG

1. GI Sheet (Gauge 24) with approved paint
2. Building paper
3. Plywood 12mm
4. Common rafter 100x50

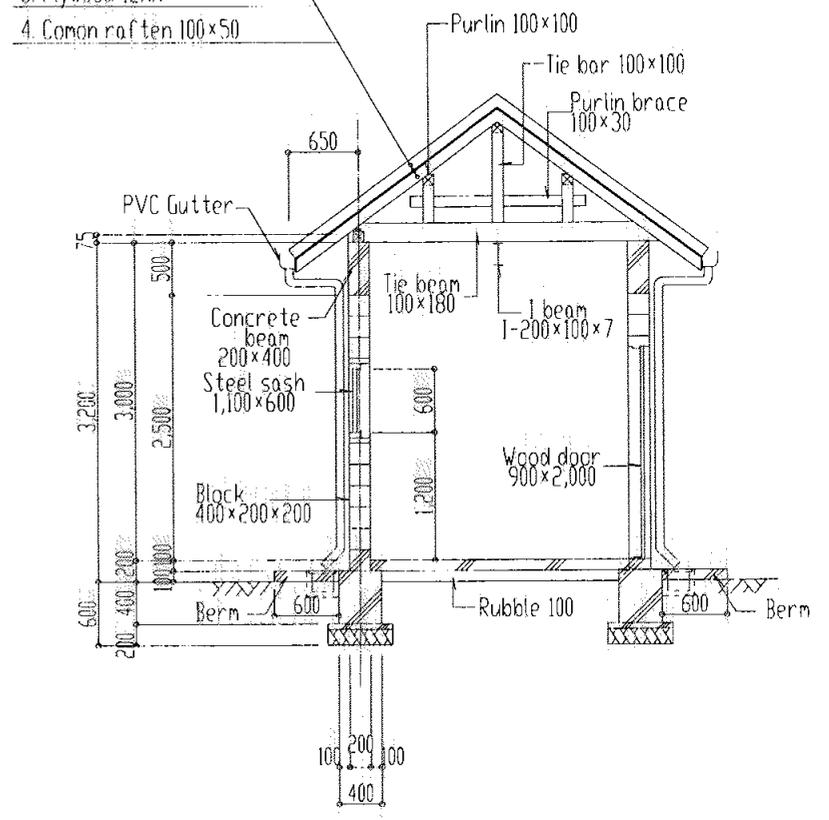


ROOF

1. GI Sheet (Gauge 24) with approved paint
2. Building paper
3. Plywood 12mm
4. Common rafter 100x50

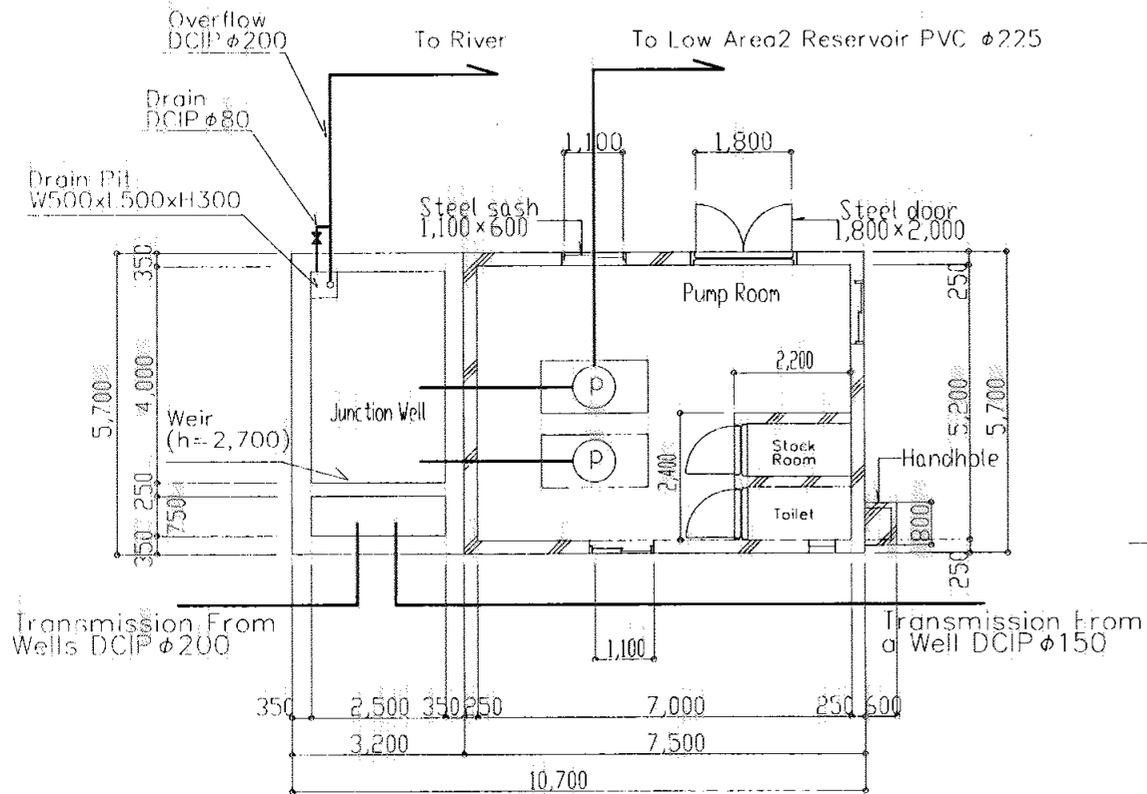


PLAN

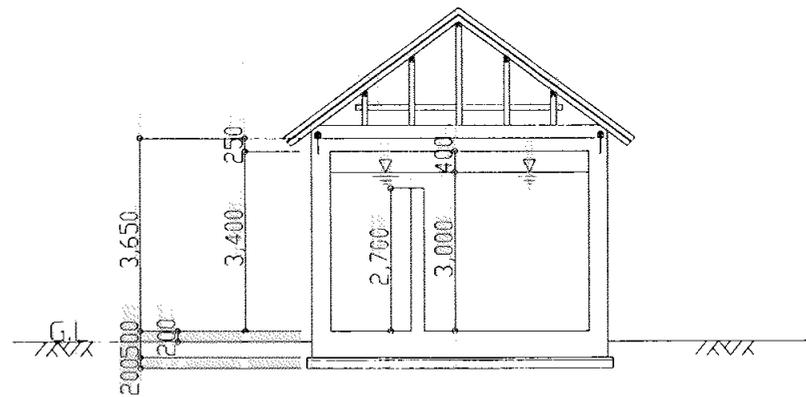


SECTION

The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eleya Water Supply	
TITLE	
Well Pump House (井戸ポンプ様)	
SCALE PLAN 1/50	DRAWING NO. 3-325
 NISHIMOTO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO, JAPAN	
Approved By	Date
Designed By	Date



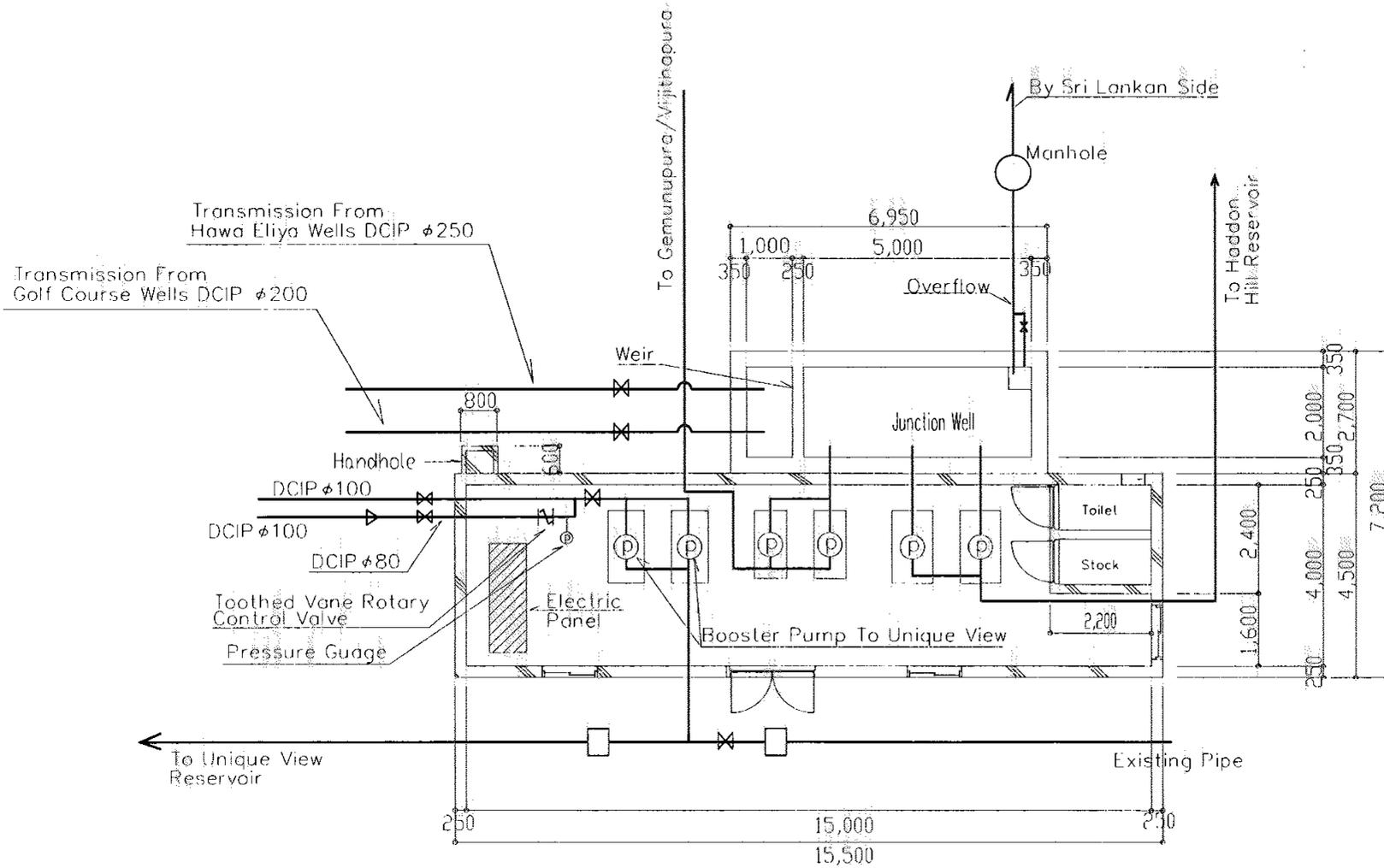
PLAN



SECTION

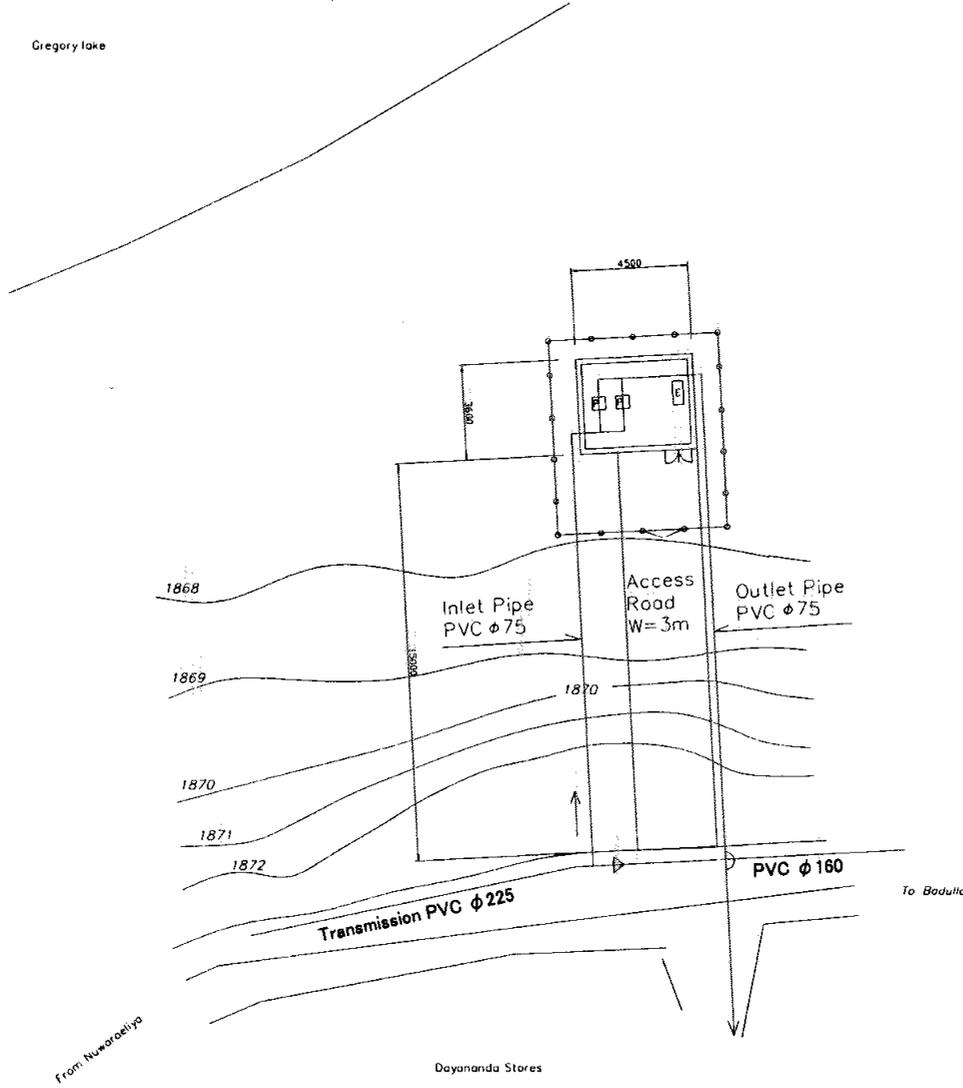
The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE Haws Eliya Junction Well & Pump House Structure (ハワエリア接合井・ポンプ室構造図)	
SCALE PLAN 1/100	DRAWING NO 図-3.28
 NISHIN SUIDO CONSULTANTS CO. LTD. TOKYO-JAPAN	Approved By _____ Date _____ Designed By _____ Date _____



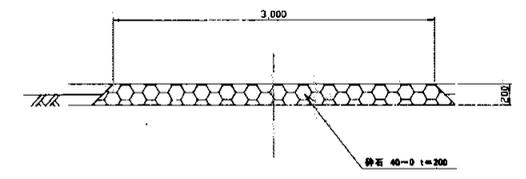


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
<b>TITLE</b> Race Course Junction Well & Pump House Structure-1 (レースコース接合井・ポンプ室構造図-1)	
<b>SCALE</b> PLAN 1/100	<b>DRAWING NO</b> 図 - 3.28
<b>DESIGNED BY</b> NISHIKI SUDO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO, JAPAN	<b>APPROVED BY</b> Date

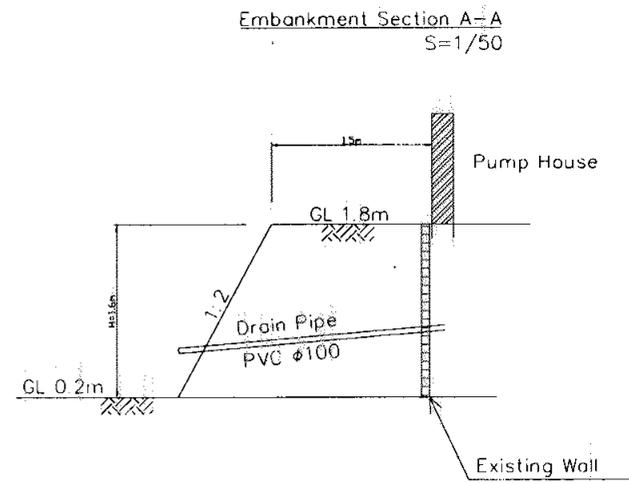
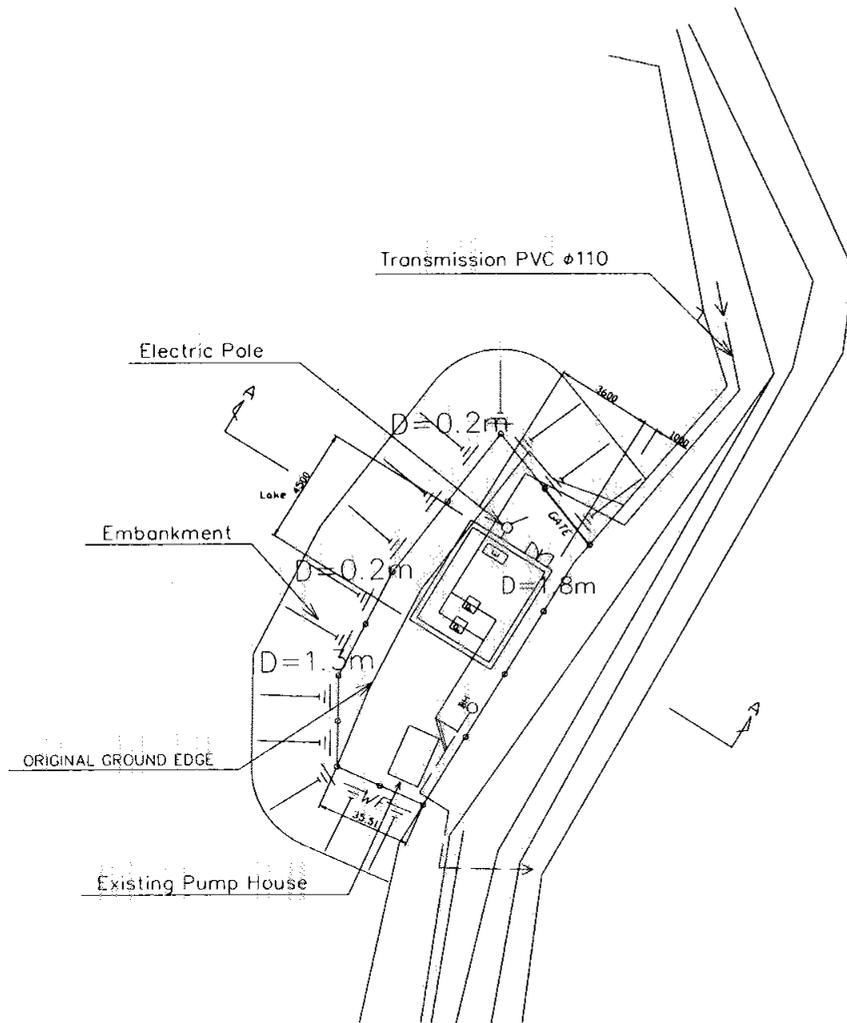
Gregory lake



Access Road の土工  
S=1/50

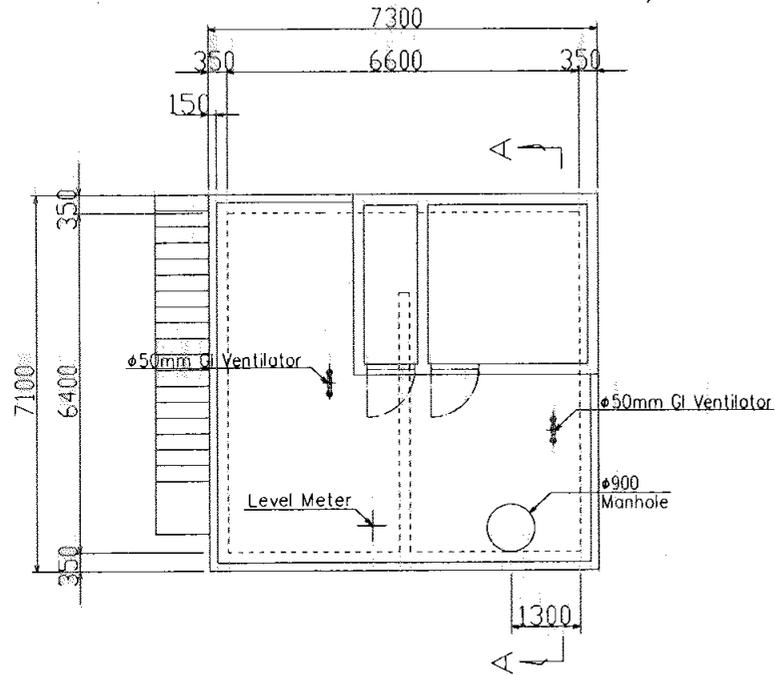


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE  Transmission Booster Pump House (送水増圧ポンプ機 Gessurupura)	
SCALE 1/200	DRAWING NO. 3-29
 NISC NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO, JAPAN	Approved By _____ Date _____ Designed By _____ Date _____

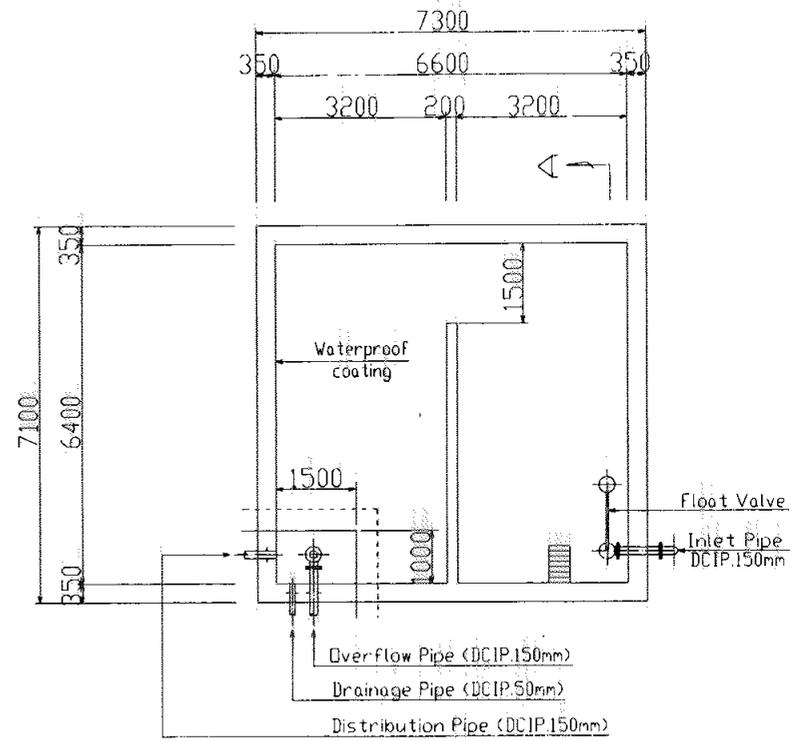


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for improvement of Nuwara Eya Water Supply	
TITLE  Transmission Booster Pump House (送水増圧ポンプ棟 Naseby)	
SCALE 1/200	DRAWING NO. □-330
 NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO-JAPAN	
Approved By	Date
Designed By	Date

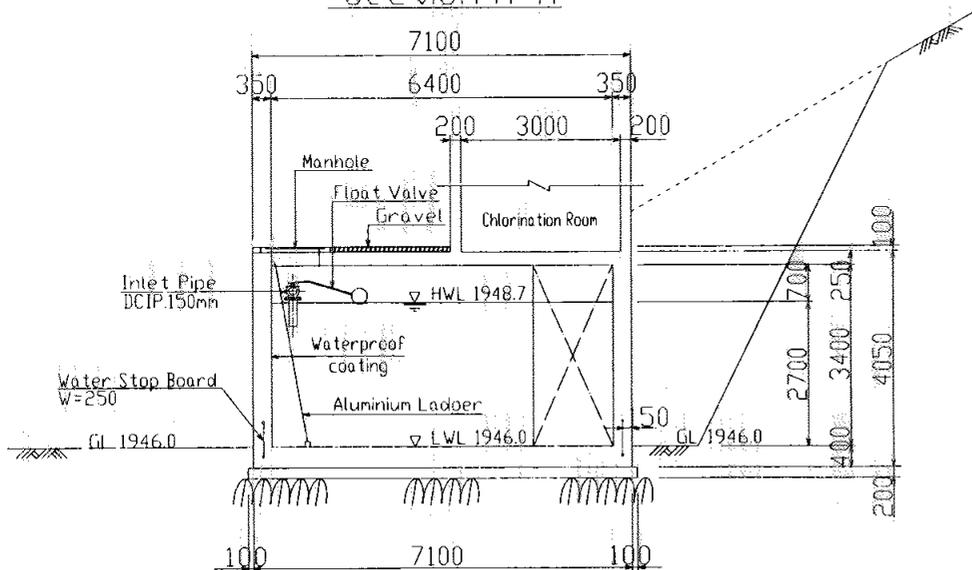
Plan-1



Plan-2

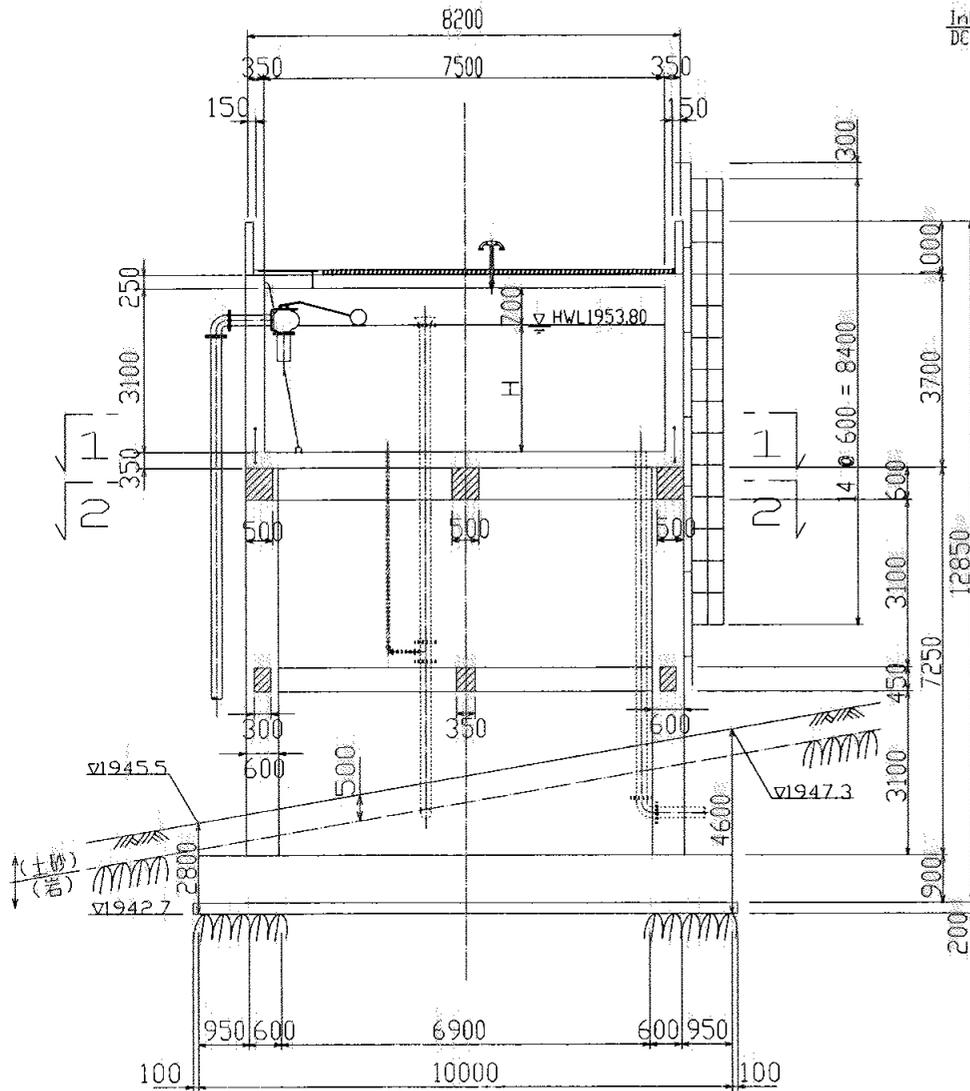


Section A-A

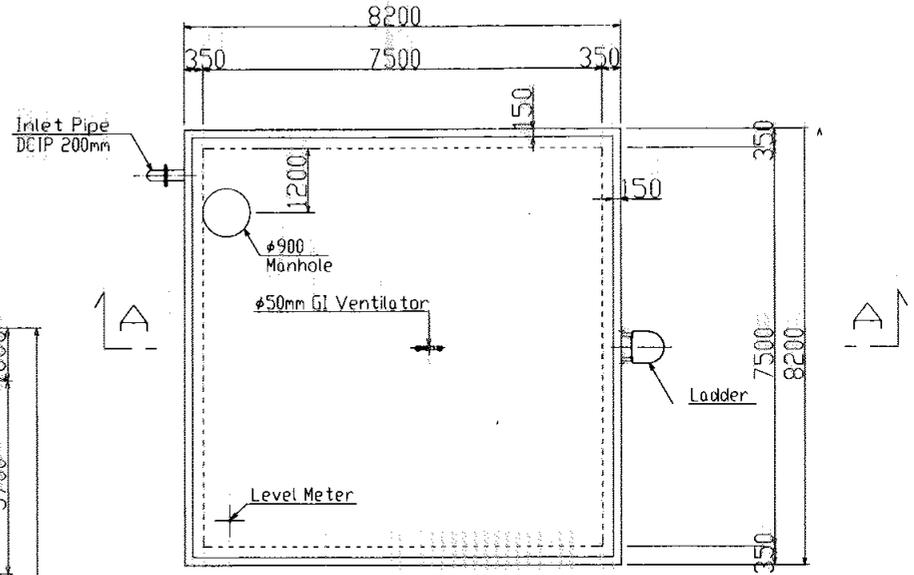


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE Old Water Field Reservoir (配水池構造物) Old Water Field Capacity : 110m <sup>3</sup>	
SCALE 1/100	DRAWING NO. 図-3.31
Approved By	Date
Designed By	Date
NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO-JAPAN	

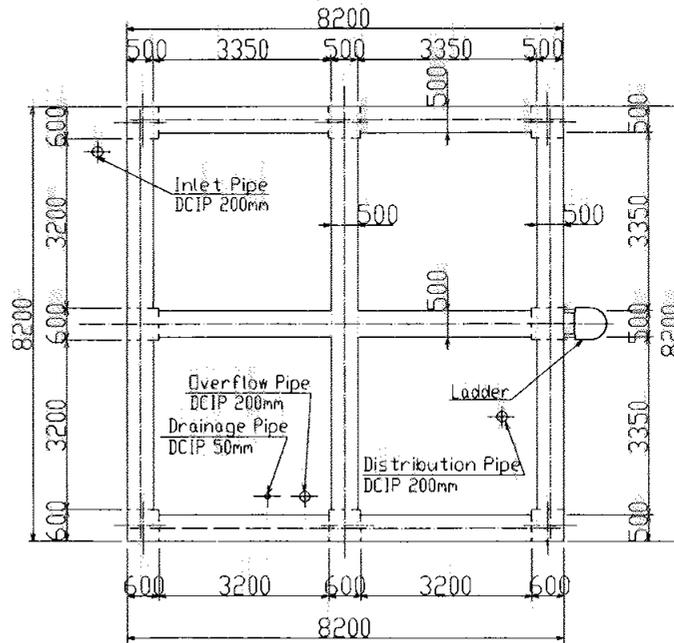
Section A-A



Plan-1



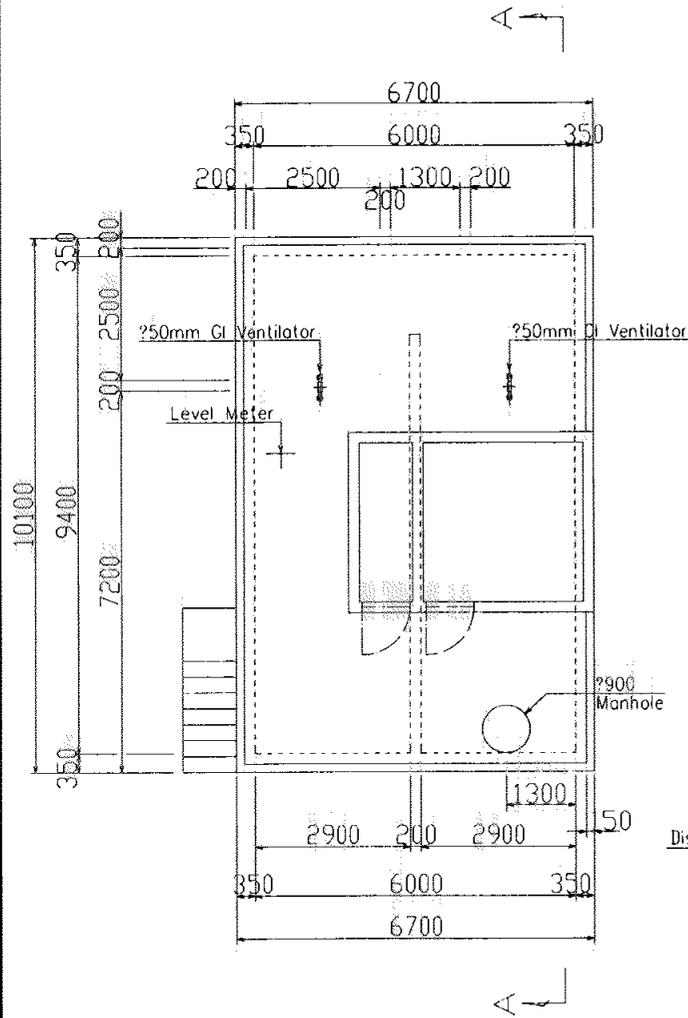
Plan-2



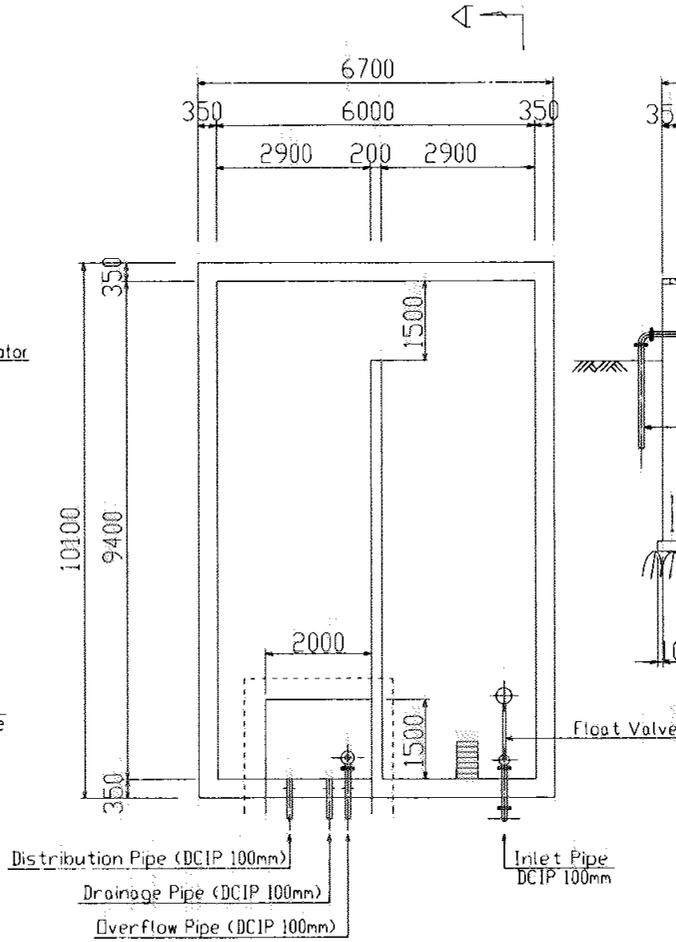
The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eleya Water Supply	
TITLE <b>Pedro Reservoir</b> (配水池構造図 Pedro Capacity : 130m <sup>3</sup> )	
SCALE 1/100	DRAWING NO 図-3.32
 NSC NIKON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD TOKYO, JAPAN	Approved By _____ Date _____ Designed By _____ Date _____



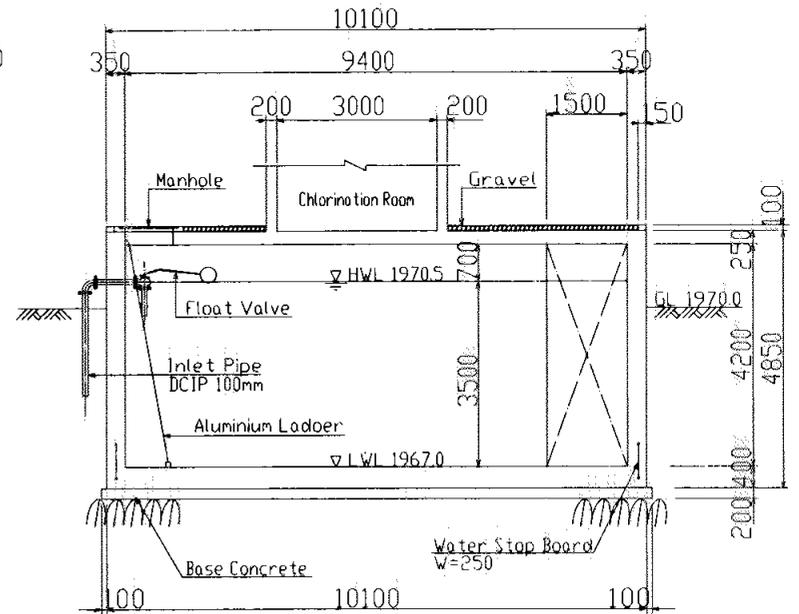
Plan-1



Plan-2

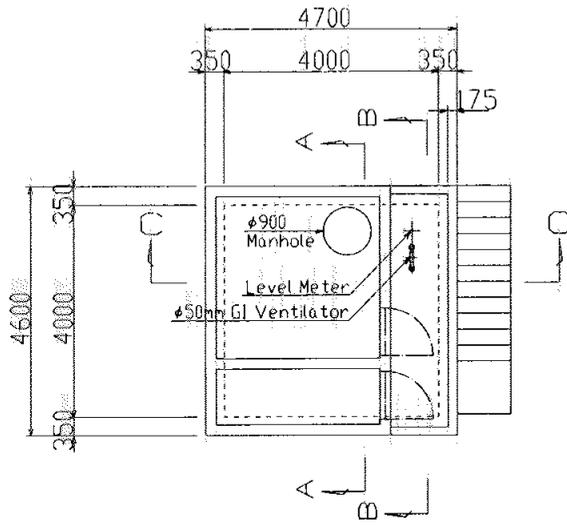


Section A-A

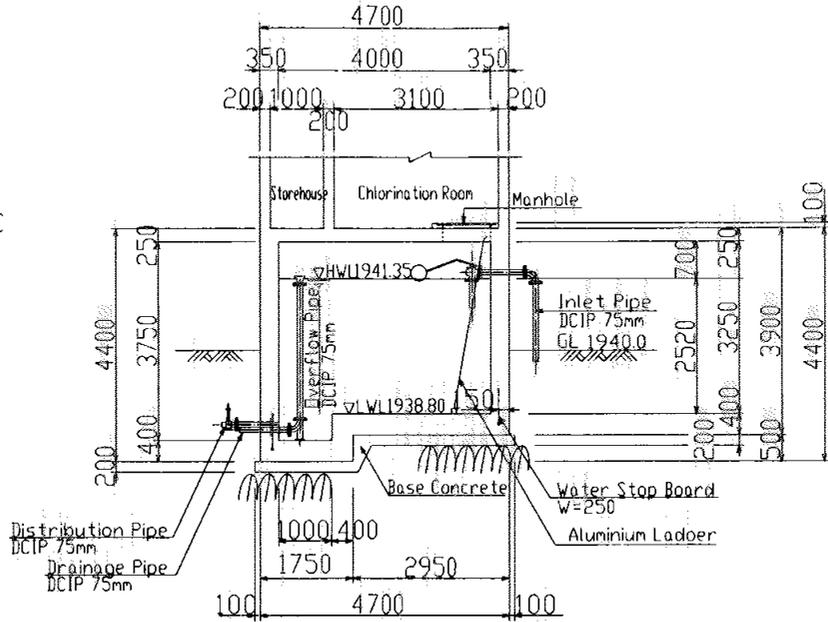


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE Unique View Reservoir (配水池構造図 Unique View Capacity: 190m <sup>3</sup> )	
SCALE 1/100	DRAWING NO. 圖-3.34
 NISHI SUIDO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO-JAPAN	
Approved by	Date
Designed by	Date

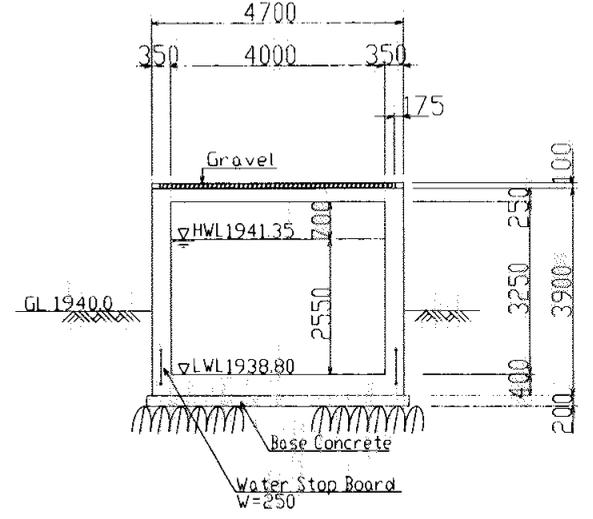
Plan-1



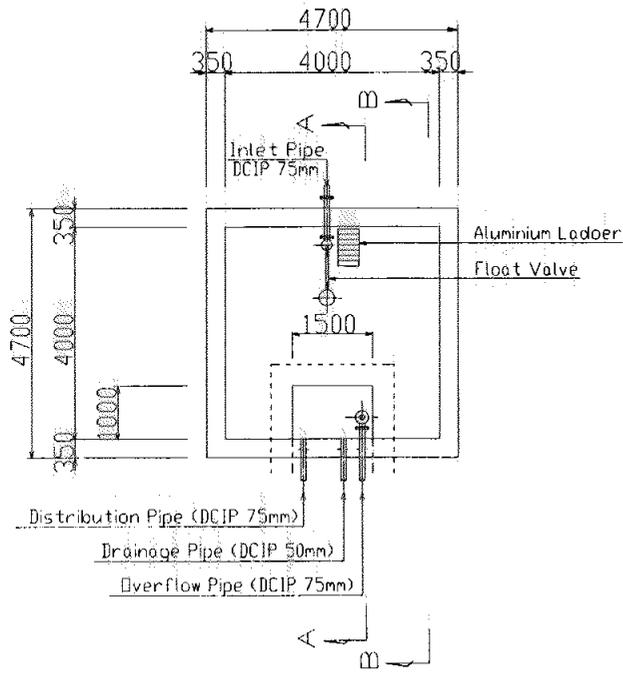
Section A-A



Section B-B

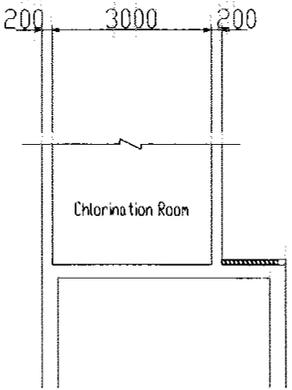


Plan-2



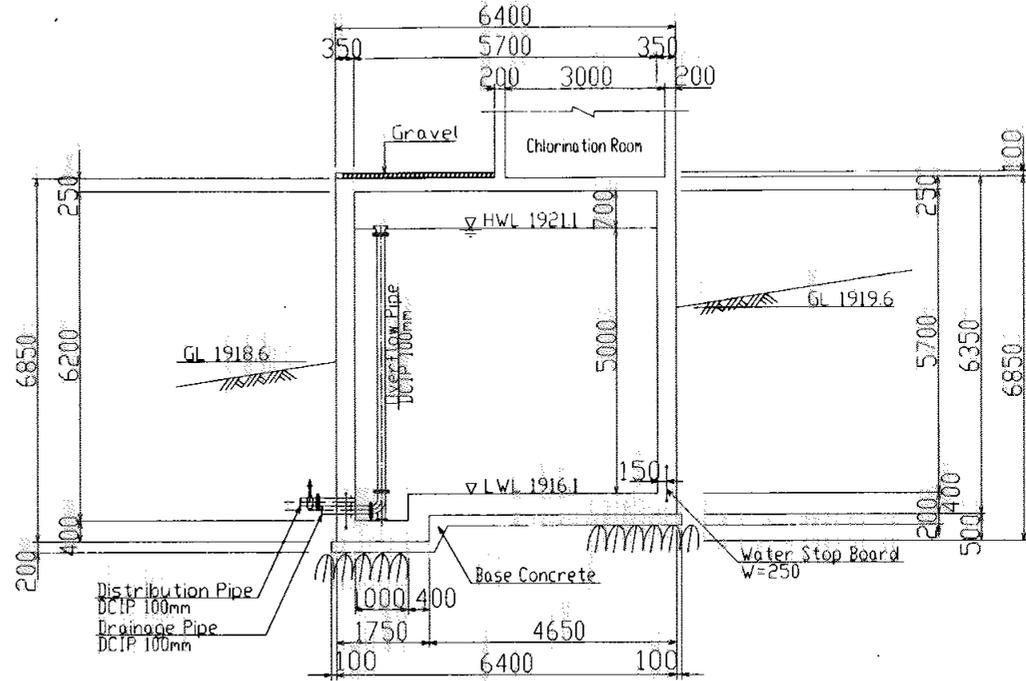
Section C-C

See Typical Drawing of Chlorine Room

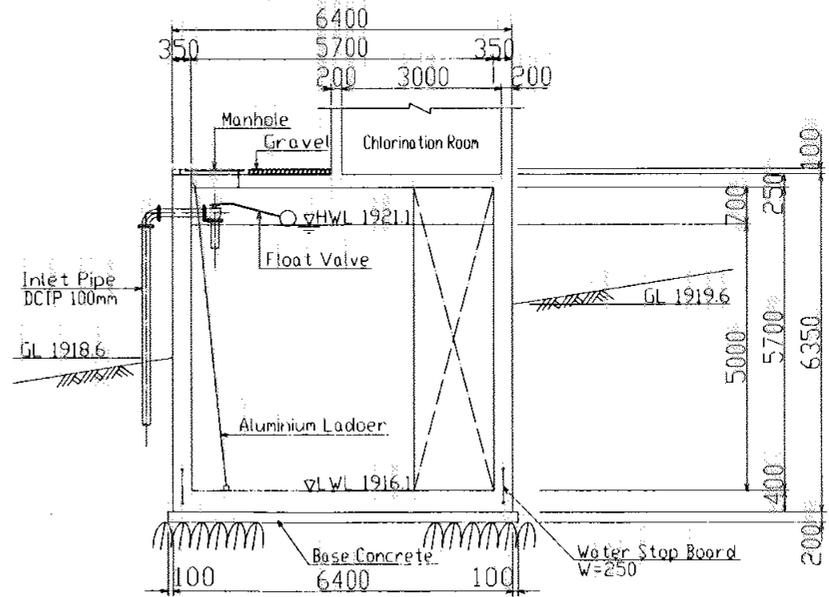


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eleya Water Supply	
TITLE Gemunupura Reservoir (配水池構造図 Gemunupura Capacity : 40m3)	
SCALE 1/100	DRAWING NO. 図-3.35
 NSC NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO, JAPAN	Approved By: _____ Designer By: _____ Date: _____

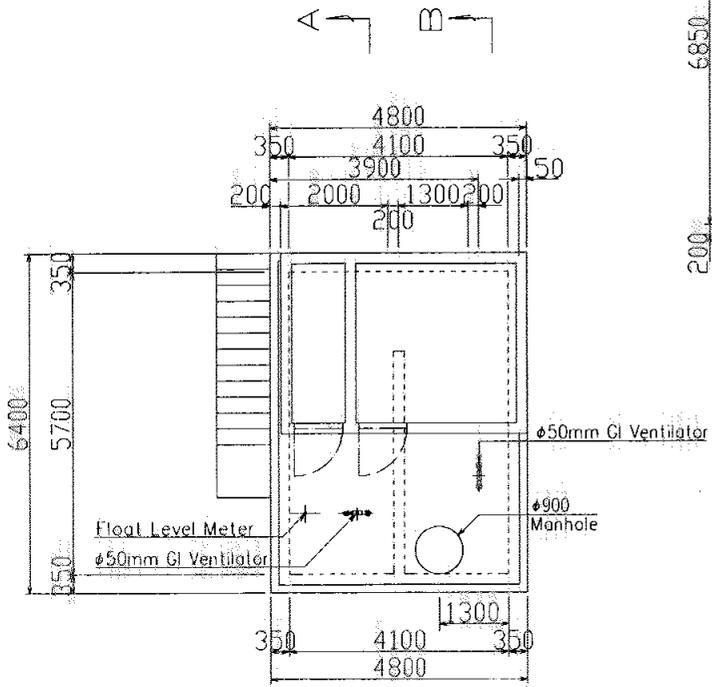
Section A-A



Section B-B

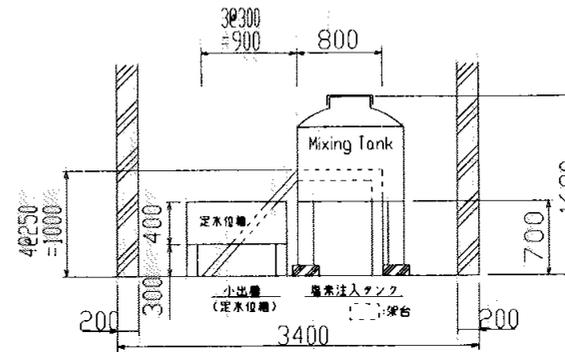


Plan-1

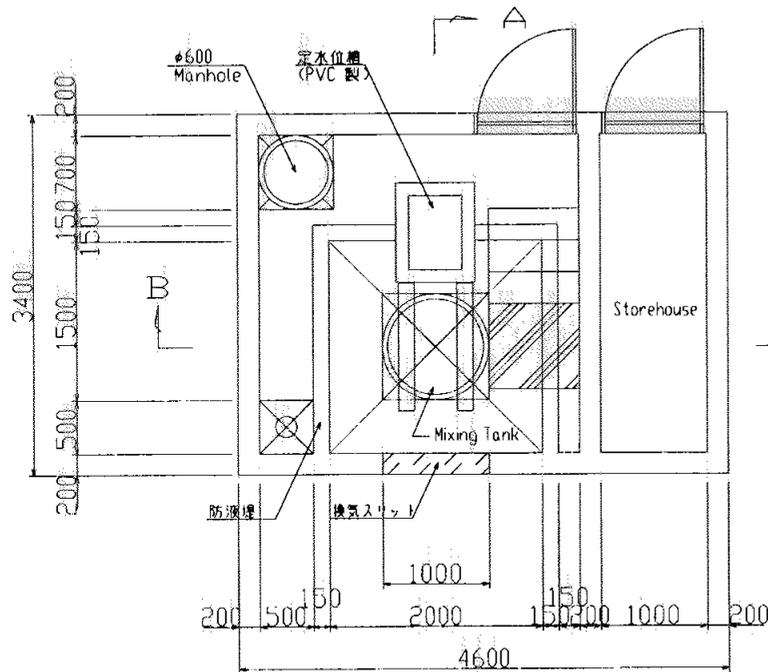
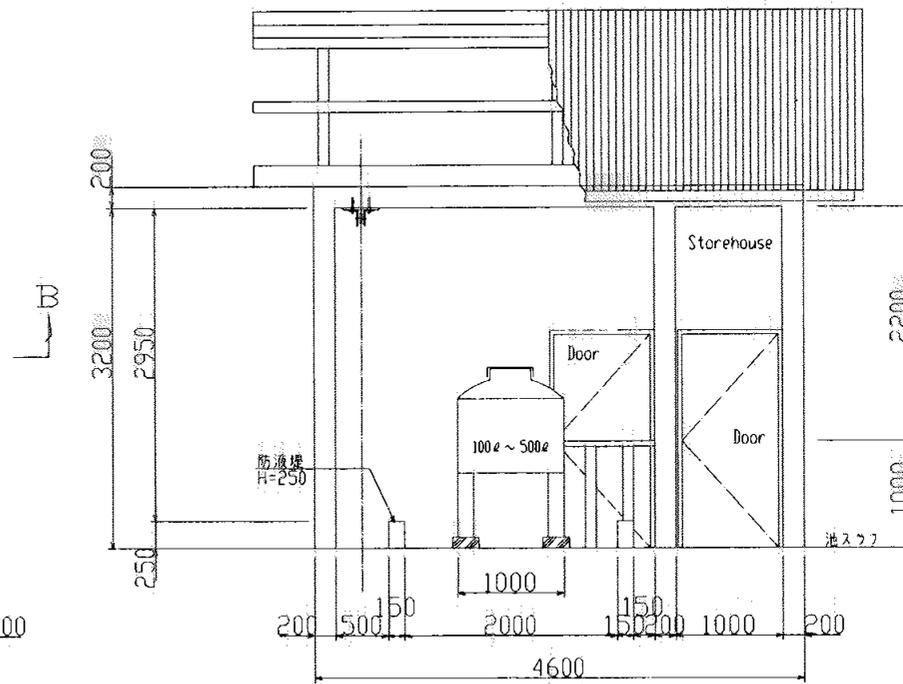


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE Vijithapura Reservoir (配水池構造図 Vijithapura Capacity : 110m <sup>3</sup> )	
SCALE 1/100	DRAWING NO 3-36
Approved By	Date
Designed By	Date
 Nihon Suido CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO, JAPAN	

Section A-A

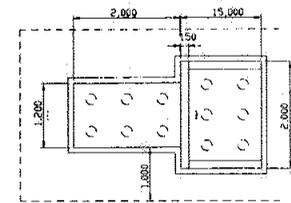
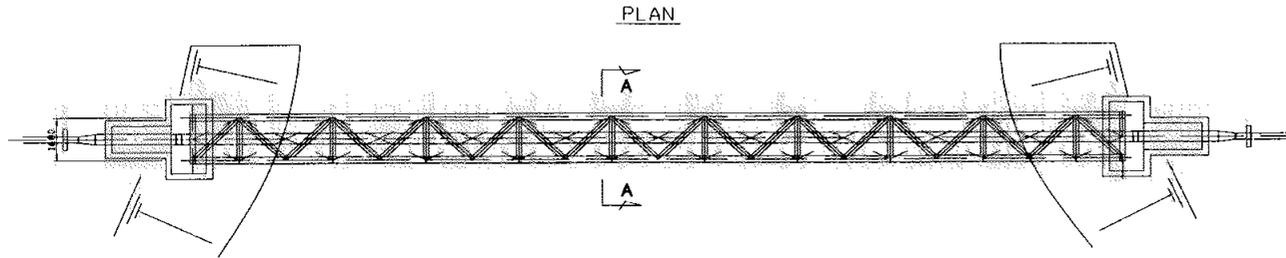


Section B-B

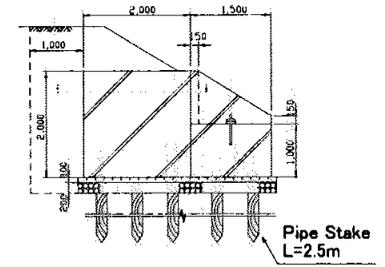


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Eliya Water Supply	
TITLE	
Chlorine Feeding House (薬液注入機 構造図)	
SCALE: 1/50	DRAWING NO: 図-337
Apprved By: _____	Date: _____
Designed By: _____	Date: _____

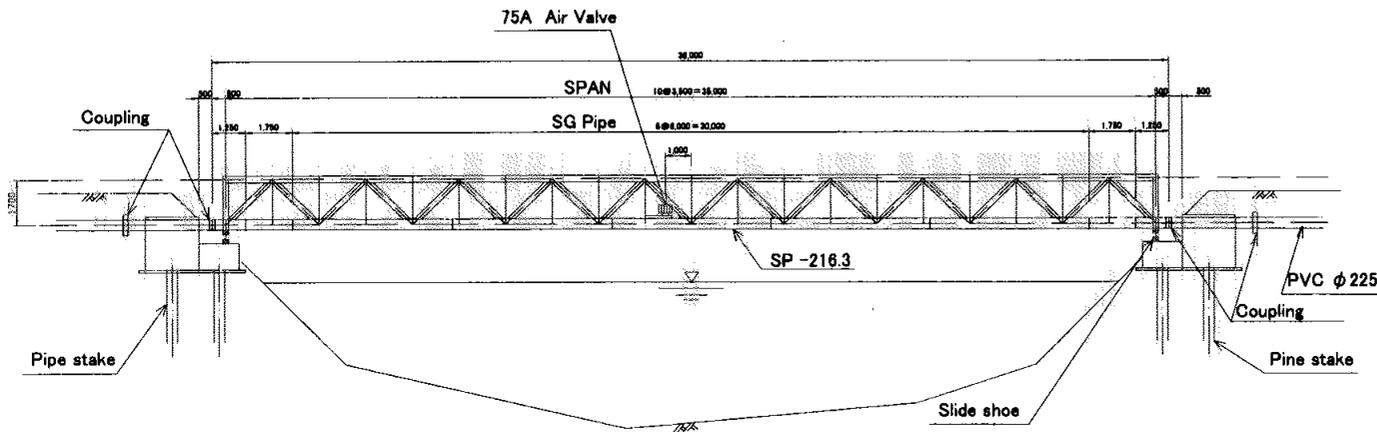
PLAN S=1/100



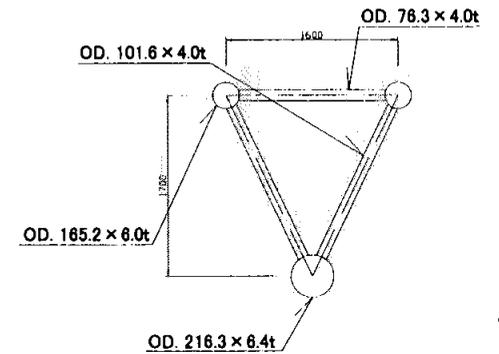
SECTION



SECTION



A-A Section  
S=1/50



The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board Ministry of Urban Development, Housing and Construction	
The Basic Design Study on The Project for Improvement of Nuwara Elya Water Supply	
TITLE  Pipe Bridge -1 (水管橋 -1)	
SCALE PLAN 1/200	DRAWING NO. 00-3.38
 Nihon Suido CONSULTANTS CO., LTD. TOKYO-JAPAN	
Approved By	Date
Designed By	Date

### 3-2-4 施工計画 / 調達計画

#### 3-2-4-1 施工方針 / 調達方針

##### (1) 施工方針

本工事は、広範な地域に施工地区が点在(井戸群建設、配水池建設、送配水管路建設等)し、工事規模もヌワラ・エリヤ地区では、大規模都市土木となる。(配水池6、井戸、送水ポンプ、配管工事)本工事は、日本国建設業者のもとで、5～6社程度の現地(コロombo市)建設業者が各現場の施工分担により遂行するのが最適な方法と判断される。建設機械においても、現地下請け業者の保有機械と現地専門リース業者からの調達で施工することを想定する。

また、現地建設業者の能力レベルを考慮し、また本プロジェクトでは水密構造物の建設が含まれること、ポンプ等機械電気設備の設置が含まれること、井戸の建設等から下記の日本人技能工の派遣が必要であると考えます。

- 日本人機械電気技能工
- 日本人橋梁工事技能工
- 日本人型枠技能工
- 日本人鉄筋加工技能工
- 日本人井戸技能工(揚水試験、井戸機械オペレータ、機械整備技能工)

##### (2) 井戸施工方針

本基本設計調査で実施された、地質調査ボーリングの結果、本プロジェクトにおける地下水開発対象は、地表から約35m以深にある中～硬岩の珪岩及び石灰岩層の深部地下水とする。井戸掘削工法の選定にあたっては中～硬岩帯(新鮮な珪岩及び石灰岩)の地下水脈、つまり破碎帯層(被圧され、崩壊性がある)をいかに遮蔽することなく水源井戸として仕上げる事ができるかが、重要なポイントとなる。

地質調査ボーリング並びに、先の社会開発調査時に実施された、試験井の掘削においても、掘削途中の最大の問題は、崩壊性の層の掘削であった。特に被圧部分では、掘削後に水圧によって崩壊が助長され孔壁が自立せず、社会開発調査では8本の内5本が掘削途中で建設を断念している。このような、ヌワラ・エリヤにおける地質構造を十分に考慮した上で、深度

35m 以深の亀裂性・崩壊性のある地下水脈を有効に利用するためには慎重に井戸建設工法を選定しなければならない。

井戸掘削工法の代表的なものには、下記の3種の工法がある。

工法	特徴
パーカッション式	未固結堆積層、軟岩層に適している。 硬質岩盤には不適。
ロータリー式	未固結堆積層、岩盤に適している。 玉石層にはやや不適。
ダウンザホールハンマー式	岩盤（軟岩～極硬岩）に適している。 未固結・崩壊層には不適。

ヌワラ・エリヤの地質は上述したとおり硬岩の岩盤掘削となるので、ダウンザホールハンマー式が最も適していると考えられる。しかし、この工法の場合崩壊層についての対策が必要となる。

従来のダウンザホールハンマー式を採用する場合は、掘削途中で崩壊層に遭遇した場合、その地点までケーシングを挿入し、崩壊層をセメンティングして固結させた後に、1段階口径の小さなビットをケーシングに挿入して掘削を続けることとなる。よって、最終的に必要な井戸口径（ケーシング径）を確保するためには、予想崩壊層による何段階かの口径縮小を考慮しなければならず、掘削開始径が大きくなり、かつ崩落層対策のため工期も長くなる。

このような従来のダウンザホールハンマー式の欠点を補い、崩落層の掘削を行う工法に、ダウンザホールハンマー式を用いたケーシング同時挿入掘削工法がある。これは、掘削を行うビットが拡張できる構造となっており、掘削時はケーシングより大きな口径で掘削し、掘削と同時にケーシングを挿入して行くものである。ビットの引き抜き時にはビットはケーシング内径よりも小さい口径に縮小することができる。この工法ではケーシングを挿入しながら掘削が行える長所があり、ヌワラ・エリヤのように崩落層のある地層では非常に有利である。従来工法に比べて、掘削開始径を小さくできること、工期も短縮できることから、本工事では、このダウンザホールハンマー式ケーシング同時挿入掘削工法が最適と考えられる。

### (3) 調達方針

資機材の調達に関し、以下の点に留意する必要がある。

#### a) 現地調達

施設完成後の維持管理を容易に行うため、使用する資機材は可能な限り現地調達する。この場合、供給量を十分把握した上で発注し、工事工程に影響を及ぼさないよう配慮を行う。

#### b) 輸入調達

品質上問題があり、供給量が不十分と判断される資機材は、日本又は第三国からの調達とする。この場合、工事請負業者は輸入・通関に関し、スリ・ランカ国側計画実施機関と連絡を取り、諸手続が円滑に行われるよう手配する必要がある。

### 3-2-4-2 施工上 / 調達上の留意事項

ヌワラ・エリヤにおける施工上の留意事項としては、山間部での山岳型土木工事と、市街地での都市型土木工事が共存していることである。

表流水源付近に建設される配水池の工事サイトには、車両がアクセスできない地域があり、よって資材の搬入、掘削等の土工事も人力に頼らざるを得ない。また、これら山間部では、岩盤が地表近くまで露出しており、躯体工事ならびに、配水池からの送水管敷設工事には、人力による岩掘削が生じる。よって、施工計画等はこれらの状況を考慮に入れて計画された。

また、市街地での送配水管敷設工事においては、市街地における地下埋設物に十分留意する必要がある。よって、管路敷設に先立ちテストピットを掘削し、地下埋設部を確認しながら、管路敷設を行う必要がある。

### 3-2-4-3 施工区分 / 調達・据付区分

スリ・ランカ国側の施工区分としては、電力引き込み部分の工事のみである。本計画では、地下水ポンプ場及び、送配水増圧ポンプ場の電力は AC400V3 相 4 線式で受電されることを条件に設計しており、この受電設計に整合した電力を供給する受変電用機器の調達・据付が相手国側施工区分 / 調達・据付区分となる。

### 3-2-4-4 施工監理計画 / 調達監理計画

#### (1) 施工監理計画

コンサルタントによる施工監理では主に次のような業務を実施する。

- 1) 建設業者が作成する製作図面のチェック、承認
- 2) 主要資機材の出荷前の検査
- 3) 施工工程の管理
- 4) 工事完了後の検査
- 5) 施設試運転検査
- 6) 調達資機材の検査
- 7) 日本国およびスリ・ランカ国側への工事進捗状況の報告
- 8) スリ・ランカ国側負担工事分に対する技術指導
- 9) 施設運転・維持管理のための技術移転
- 10) 無償資金協力業務においてスリ・ランカ国側が行う業務上必要な手続きの補佐

本事業には、井戸工事、配水池工事、ポンプ場工事、配管布設工事等が含まれる。施工期間中、一貫した施工監理を行うため、総括の他に工事着工から試運転・竣工まで専任の常駐監理者を1名配置すると共に、井戸工事等の特殊工事に対応するため下記に示すような専門分野の技術者を短期的に派遣する。

#### 1) 常駐監理者

常駐監理者は工事全般について、とりわけ、施工内容の質や進捗状況について把握し、施工業者への助言・指導を行う。第一期は井戸建設工事施工監理経験者、第二期は土木技術者が常駐管理者となる。また、施工期間中は毎月、スリ・ランカ国側へ工事全般について報告を行う。常駐監理者の主な業務は下記の通りである。

- 施工開始前に発注者、コンサルタント、施工業者による会議を開催し、各自の責任担当、工事内容、工事期間等を確認する。
- 入札図書・図面、各種基準・仕様、測量及び土質調査資料、施工業者提出書類等を維持保管する。

- 施工計画や工程、製作図面について検討し、必要な提言と指導により、承認判断をする。
- 工事に使用される資機材を検査し承認判断をする。
- 施工業者の工事を監督検査し承認判断をする。
- 工事の進捗状況を管理し、必要な助言を行う。
- 工事の安全状況を検査し、必要な助言を行う。
- 発注者、コンサルタント及び施工業者との定期的な、また、特別に必要となる場合に、会議を開催する。
- 工事竣工検査を実施し承認判断をする。
- 竣工図を検査し承認判断をする。
- 施設完成後の受け渡しにおいて、スリ・ランカ国側を補佐する。
- スリ・ランカ国側負担工事分について補佐する。

## 2) スポット監理者

施工工程の進捗状況に応じて、下記に示す専門分野の技術者を定期的に派遣する。施設完成後の試運転時には現地の維持管理担当者に対する技術指導が行われる。

### a. 管路技術者

送・配水管布設工事に係る製作図面のチェック、施工監理、試運転検査、技術指導・助言

### b. 設備技術者

機械および電気設備に係る製作図面のチェック、施工監理、試運転検査、技術指導・助言

## 3-2-4-5 品質管理計画

品質管理は、設計時に期待された品質を確保し、品質保持を確保する為に実施するものである。

本工事での、重点項目は

- (1) 鉄筋コンクリート工事（材料、練り混ぜ、打設、強度）
- (2) 管路布設工事（埋め戻し材、転圧）

であり、これらに関する品質管理の内容、試験方法等について下表の通り纏める。

区分	種別	管理内容	試験方法	頻度	適用	
(1)鉄筋コンクリート工事						
鉄筋、鋼材	材料	化学成分、機械的性質、形状、寸法、重量が JIS 規格に適合している事。	JISA-3101	材料承認願い時	鋼材ミルシート	
現場練りコンクリート	材料	骨材の塩分量測定	土木学会又は JASS5T 202	材料承認願い時		
	施工	試験練り	各プラント	工事開始前	材料の変化時	容積配合量を決定する。
		スラブ試験	JISA-1101	打設日毎		
		空気量試験	JISA-1116	打設日毎		
		圧縮試験	JISA-1108	ベース、壁、柱、スラブ、配水池毎	X-Rs-Rm 管理図でデータ管理する。	
(2)管路布設工事						
埋め戻し	材料	土の突き固め試験	JISA-1210	当初及び土質変化時		
	施工	突き固め密度の測定	JISA-1214			
路盤工事	施工	平板載荷試験	JISA=1215			
配管材	材料	化学成分、機械的性質、形状、寸法、重量が JIS 規格に適合していること。	工場検査証明書	材料承認願い時	工場検査証明書	

### 3-2-4-6 資機材等調達計画

資機材の調達は原則として現地調達もしくは日本調達としたが、第三国調達の可能性についても調査を行った。資機材調達先に関しては以下の事項を考慮して決定した。

- ・ 要求事項を満たす品質かどうか
- ・ 品質や供給量に関してスリ・ランカ国市場での可能性
- ・ スペアパーツ供給を考慮した修理・保守の容易性
- ・ 価格

資機材の調達はコンサルタントの監理の下、施工業者が行う。資機材の調達に関しては以下の点に留意する。

(1) 現地調達

施設完成後の維持管理を容易に行うため、使用する資機材は可能な限り現地調達する。この場合、供給量を十分把握した上で発注し、工事工程に影響を及ぼさないよう配慮する必要がある。

(2) 輸入調達

品質上問題があり、供給量が不十分と判断される資機材は、日本もしくは第三国からの調達とする。この場合、施工業者は輸入・通関に関し、スリ・ランカ国側計画実施機関と連絡を取り、諸手続が円滑に行われるよう手配する必要がある。

なお、梱包、輸送、保険等を含む輸入調達材のそれぞれの単価を比較し、単価が安い場合あるいは、その差が比較的少ないと判断される場合は現地調達材を優先して使用する。

上記の調査より建設工事に使用する主な資機材の調達国は表-3.34 の通りである。

表-3.34 資機材調達区分

資機材の種類	調達先		
	現地	日本	第三国
建設資材全般			
工事用機械（リース）			
配管（PVC）			
配管（DCIP）			
水管橋トラス			
バルブ類			
カップリング類			
ポンプ機器			
塩素注入設備			
配水流量計			
水道メータ			
メータテストペンチ			

主要な建設資材である、セメント、コンクリート骨材、鉄筋等はスリ・ランカ国内で調達可能であり、品質、供給量も充分あり、価格も安価であることから問題なく、現地調達とする。工事用機械リースについてはスリ・ランカ国内でリースが可能であり、日本あるいは第三国で購入し、輸送梱包費、搬入手続きを考慮すると、スリ・ランカ国内調達とする。

配管材料については、PVC は現地で入手が可能であり、品質、供給量共に問題なく、価格も安価であることから現地調達とする。DCIP については現地で生産してなく、第三国調

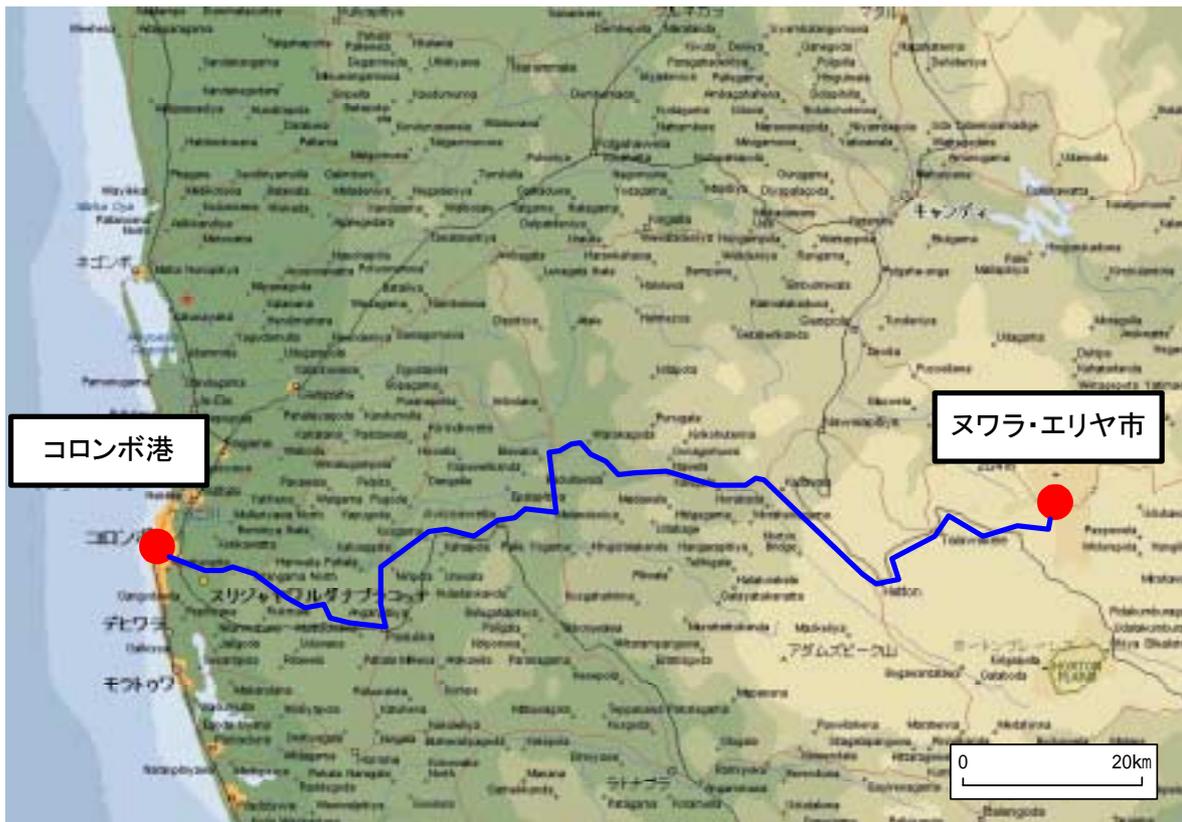
達を検討したが、価格等を考慮し、日本調達とした。その他ポンプ機器、塩素注入設備、機械類についても操作、管理、信頼性を考慮し、日本調達とした。

### (3) 輸送計画

1. 日本調達の輸送は、横浜港よりコロンボ港まで海上輸送され、通関後建設予定地ヌワラ・エリヤまで陸上輸送される。
2. 第三国調達品は、第三国よりコロンボ港まで海上輸送され、通関後建設予定地ヌワラ・エリヤまで陸上輸送される。
3. 輸送ルートは下記の通りである。

日本 コロンボ(スリ・ランカ) ヌワラ・エリヤ

第三国 コロンボ(スリ・ランカ) ヌワラ・エリヤ



資機材輸送経路図

### 3-2-4-7 実施工程

本プロジェクトの実施工程は工期の関連から、2期分けとする。

第1期は、地下水開発(井戸群建設)及び各井戸を連絡する地下水送水管路、接合井の建設を行うものとする。実施設計は4.0ヶ月、その後入札及び建設業者の選定を経た後、調達及び施工で10.0ヶ月を要する。なお、第1期実施設計時において、第2期の実施設計もあわせて行うものとする。

第2期は、配水池ならびに送配水管路の建設工事を行うものとする。実施設計は1.0ヶ月、その後入札及び建設業者の選定を経た後、調達及び施工で12.0ヶ月を要する。

実施工程は表-3.35に示す通りである。

表-3.35 実施工程表

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
第一期	実施設計	現地作業		■														
		国内作業			□													
		現地確認				■	(実施設計:計4ヶ月)											
	施工・調達	工事準備		■									■	(試運転・竣工検査)				
		井戸建設	施工	■	■													
			調達	■	■													
		送水管路建設	施工		■													
	調達		■															
第二期	実施設計	現地作業		(第一期で実施)														
		国内作業		□														
		現地確認			■	(実施設計:計1ヶ月)												
	施工・調達	工事準備		■										■	(試運転・竣工検査)			
		配水池建設	施工		■													
			調達		■													
		送配水管路建設	施工		■													
	調達		■															

### 3-3 相手国側分担事業の概要

相手国分担事業は下記の項目が考えられ、それらについて項目毎に述べる。

1. 用地取得
2. 電力の供給
3. 故障メータの取り替え
4. 環境に対する負荷の軽減策の実施
5. その他

#### 3-3-1 用地取得

井戸群（井戸及び接合井）の建設、配水池の建設予定地の用地取得がスリ・ランカ国側によって行われる必要がある。必要となる用地の位置と面積は表-3.36 に示す通りである。

表-3.36 必要用地一覧

構造物	場所	必要面積(m <sup>2</sup> )
井戸 4 箇所	Golf Course	20 x 3 + 50
井戸 5 箇所	Hawa Eliya	50 x 5
接合井	Haddon Hill road (Race Course)	200
接合井	Hawa Eliya	300
送水増圧ポンプ	Gemunupura	110
送水増圧ポンプ	Naseby	50
配水池	Old Water Field	250
配水池	Pedro	170
配水池	Low Area 2	700
配水池	Unique View	140
配水池	Gemunupura	270
配水池	Vijithapura	150
	必要合計面積	2,700

なお、配水池建設に必要となる用地に関しては、スリ・ランカ側がその収用を進めており、2001年6月の段階では、Low Area 2 及び Vijithapura 配水池の用地収用が未だ完了していないが、スリ・ランカ側は実施設計が開始される前の2001年11月までにすべての土地収用が完了するとしている。

### 3-3-2 電力の供給

電力引き込み部分の工事は、スリ・ランカ国側によって実施される必要がある。本計画では、地下水ポンプ場及び、送配水増圧ポンプ場の電力は AC400V3 相 4 線式で受電されることを条件に設計しており、この受電設計に整合した電力を供給する受変電用機器の調達・据付が相手国側施工区分 / 調達・据付区分となる。なお、電力供給が必要となる箇所並びに必要な電力量は下表の通りである。

電力供給が必要となる箇所	必要電力量 (kW)
ゴルフコースの井戸	22
ハウエリヤの井戸 (レースコース向け)	22
ハウエリヤの井戸	16.5
ハウエリヤ送水ポンプ場	90
レースコース送水ポンプ場	170
ガムヌプラ増圧ポンプ場	4.4
ナスビー増圧ポンプ場	7.4

### 3-3-3 故障メータの取り替え

ヌワラ・エリヤにおいては、現在故障メータが約 800 個あり、上述の通りこの 800 個のメータ取替えのために、メータを本プロジェクトにおいて資材を供与するものである。メータの取り替え工事は現地ヌワラ・エリヤ水道局の責任において速やかに (メータの供与から約 10 ヶ月程度で) 行われる必要がある。

### 3-3-4 環境に対する負荷の軽減策の実施

本プロジェクトの実施により、給水水量が増加することによって、環境に与える汚濁負荷増加量は約 29,000kgBOD/年と推定される。この値は、給水量の増加にし尿以外の汚濁源 (洗面、食器洗い、洗濯等) の BOD 原単位を乗じて求められたものである。これに対して、スリ・ランカ側の自助努力 (ビール工場の排水処理施設改善(15,000 kgBOD/年) 並びに、中央病院の排水処理施設完成 (27,000 kgBOD/年)) および現在実施計画中である ADB の環境衛生プロジェクトの実施(9,000 kgBOD/年)により、削減可能な汚濁負荷量は、約 51,000kgBOD/年である。つまり、本プロジェクト実施による負の環境影響も、上述したスリ・ランカ国側の削減策の実施により十分相殺することが可能であるため、これらの削減策が確実に実施される必要がある。

総括すると、環境影響を最小限にとどめるためにスリ・ランカ国側が実施すべき事項は下記の通りである。

- 特に大口水道使用者（ビール工場や、中央病院等）に対して、厳格に排水水質基準を守らせる体制作り
- 公的第三者による定期的な排水水質の分析・監視
- ADB プロジェクトの実施促進
- 農業用地（特に野菜栽培の畑）における肥料・農薬の使用量のコントロール
- 一般家庭セプティックタンクの維持管理の強化
- ごみダンピングサイト（ムーンプレイン）下流の水質監視

### 3-3-5 その他

上述した相手国側負担事項の他に、下記に列挙するような一般的な事項がスリ・ランカ国側で実施される必要がある。

- 工事に必要な電力、給水、排水施設の整備
- 本事業に関係する資機材の「ス」国内への搬入に係る関税及び国内税（GST：付加価値税、NSL：戦争税）の免税措置
- 供与機材の「ス」国内への搬入に係る諸手続き及びその経費負担
- 本事業に関係する日本人に対する「ス」国への出入国及び滞在中の便宜供与
- 本事業により設置、建設、供与された設備・施設・機材の適正かつ効果的な利用及び維持管理

### 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

本協力対象事業実施後の施設の運営・維持管理はヌワラ・エリヤ市水道局によって行われることとなる。

維持管理計画は現状の運営・維持管理上の問題点を把握した上で、策定されなければならないが、現地調査の際に明らかとなった運営・維持管理上の問題点としては、

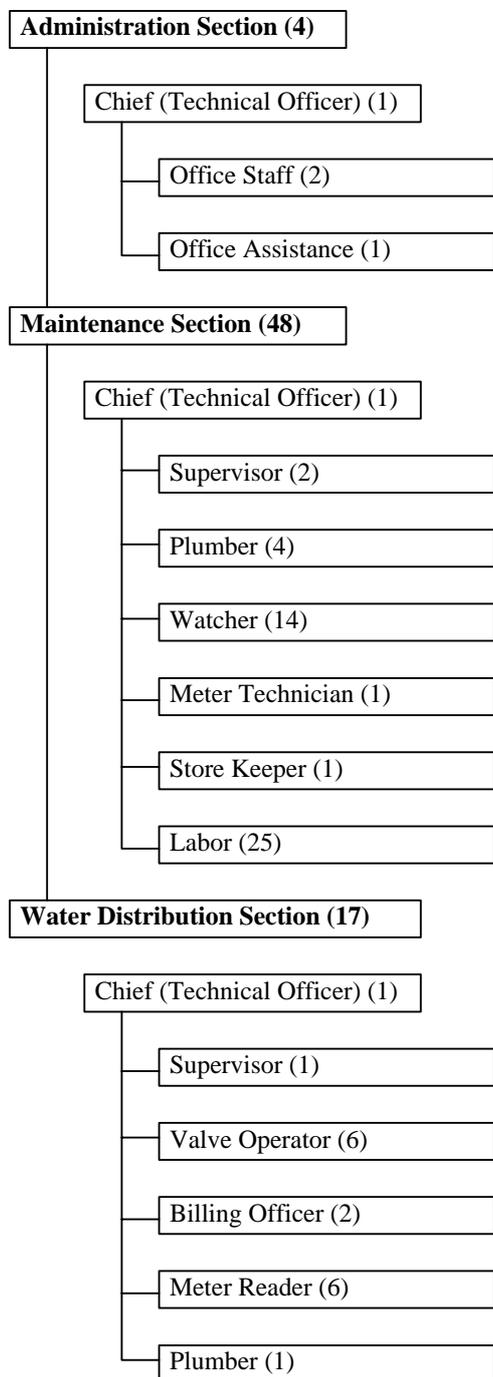
- 配水池からの配水メータが定期的に読まれていない
- 塩素消毒設備の運転に不備がある
- 配水ブロック毎に給水メータの分類が必要である
- 給水メータに故障しているものがある
- 給水メータの検定を行う施設がない
- 基本的な水質分析を行う機器及び人員の欠如、

等がある。

ヌワラ・エリヤ市がこれらの問題点を最大限の自助努力で解決するために、まず水道事業体として業務分掌が明確な組織整備を行うことが必要であると考えられる。現状のヌワラ・エリヤ水道局の組織図を、-3.39 に示すが、組織階層がはっきりしておらず、業務分掌が不明確な組織構造であるという問題点を抱えている。既存の水道局職員数は 69 名である。

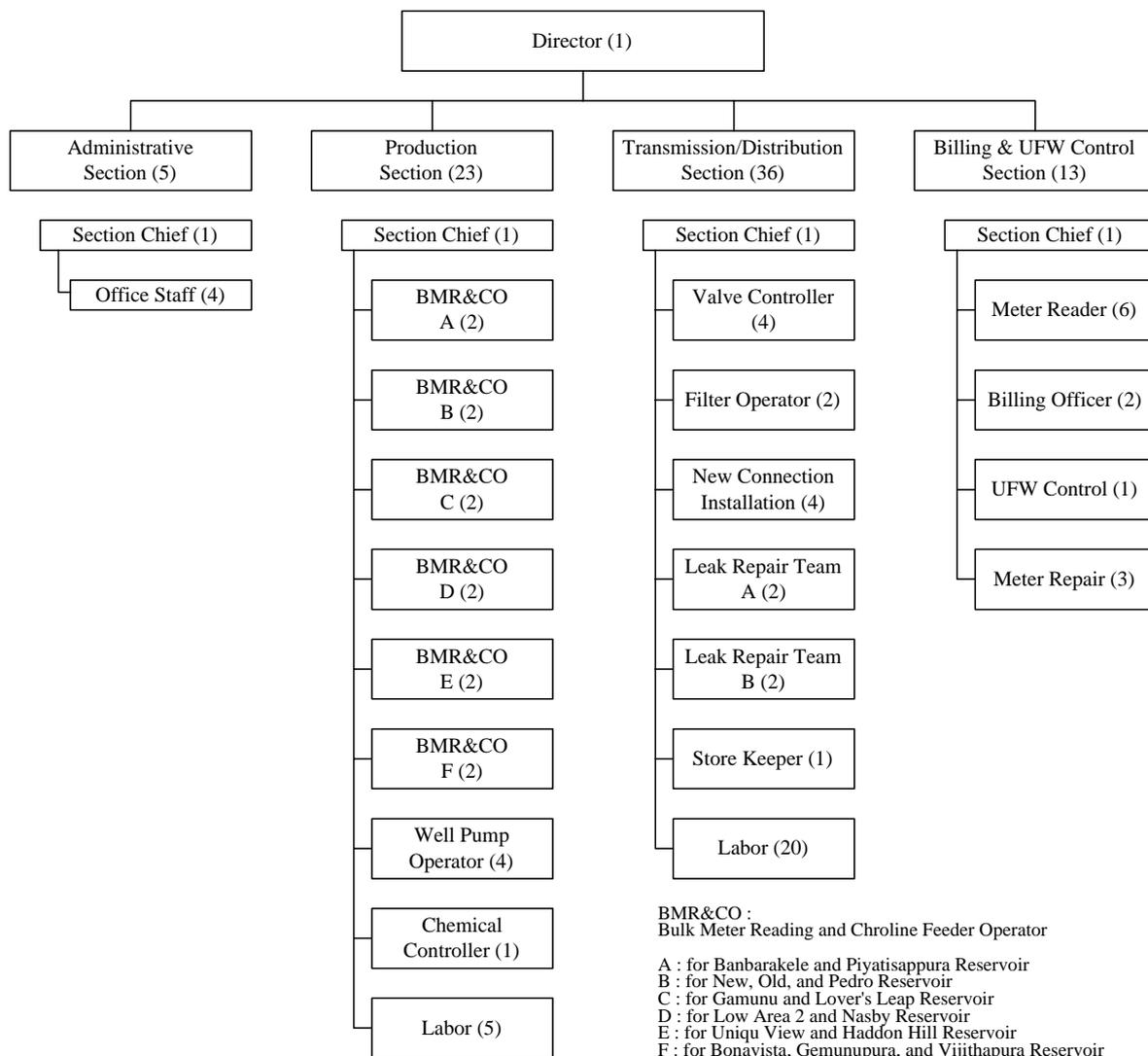
本基本設計調査では、-3.40 に示すような新たな組織を提案することとしたい。この新組織では、特に配水池毎の責任（バルクメータの読針や、塩素消毒設備の連続運転等）が明確となるようになっており、さらに、無収水削減のための情報が一つのセクションに集中するよう考慮した。新組織については、本プロジェクトが実施された後の必要人員は 78 名で、現状より 9 名の増加となっている。現状の職員を新組織の核あるいは重要な部分に配置し、その下の階層に新規 9 名を配員するにすれば、OJT による訓練も日常業務を通して行え、組織の改正、人員の増員は問題とはならないと考えられる。

図-3.39 現在のヌワラ・エリヤ市水道局組織図および要員数



要員数合計 : 69名

図-3.40 ヌワラ・エリヤ市水道局新組織図及び要員数(案)



要員数合計 : 78名

本プロジェクトでは、給水ブロックと配水池との関係をシンプルにし、バルクメータの読みと、給水ブロックでの水使用量を容易に比較できるように、計量施設整備を行う計画となっている。そこで新組織の計画にあたっては、Production Section の下部組織として、各々の配水池の位置関係を考慮に入れて、一つの BMR&CO (Bulk Meter Reading and Chroline Feeder Operator)サブセクションが二つの配水池を責任を持って管轄できるような構造とした。

また、Transmission/Distribution セクションには、あらたに、二つの Leak Repair Team を設置し、迅速な漏水箇所の修理に対応できるようにした。さらに、Billing & UFW Control セクションの下には、UFW Control サブセクションを配置し、ここでバルクメータの読みと給水栓の水道メータの読みを総合的に集約することにより、各給水ブロックにおける無収率の整理を行えるようにした。

このような組織体制のもと、

- 確実にメータを読んでデータを蓄積すること
- データを整理し、無収水を評価すること
- 無収水削減対策が給水ブロック毎にプライオリティー付けされ、より効率的な対策を行うこと

が実現可能となり、また、送配水施設担当および配水池担当の部署を明確にすることで、

- 配水池における消毒設備の継続的な運転
- 給水栓メータの整備

等が確実に実施されることとなる。

### 3-5 プロジェクトの概算事業費

#### 3-5-1 協力対象事業の概算事業費

本事業を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業総額は、下記に示す積算条件によれば、約 10.28 億円となり、次の通り見積もられる。

##### (1) 日本側負担経費

単位：億円

事業費区分	第 1 期	第 2 期	合計
(1) 建設費	3.92	5.06	8.98
ア.直接工事費	2.95	4.22	7.17
イ.共通仮設費	0.19	0.16	0.35
ウ.現場経費等	0.55	0.44	0.99
エ.一般管理費等	0.23	0.24	0.47
(2) 機材調達費	0.08	0.00	0.08
(3) 設計監理費	0.80	0.42	1.22
合計	4.80	5.48	10.28

##### (2) スリ・ランカ国側負担経費

スリ・ランカ国側負担経費 1,269 万 Rs (約 1,730 万円)

- 1) 用地取得費 885 万 Rs (約 1,210 万円)
- 2) 電力受電契約および引込み費 264 万 Rs (約 360 万円)
- 3) 故障メータ取替え費 120 万 Rs (約 160 万円)

なおこれら費用の内訳は下表に示すとおりである。

### 用地取得費

用地取得が必要となる構造物	位置	面積 (m <sup>2</sup> )	単価 (Rs/m <sup>2</sup> )	費用 (Rs.)
Well	Golf Course (for Race Course)	20	5,000	100,000
Well	Golf Course (for Race Course)	20	5,000	100,000
Well	Golf Course (for Race Course)	20	5,000	100,000
Well	Golf Course (for Race Course)	50	5,000	250,000
Well	Hawa Eliya (for Race Course)	50	1,800	90,000
Well	Hawa Eliya (for Race Course)	50	1,800	90,000
Well	Hawa Eliya	50	1,800	90,000
Well	Hawa Eliya	50	3,000	150,000
Well	Hawa Eliya	50	5,000	250,000
Junction Well	Haddon Hill road (Race Course)	200	1,800	360,000
Junction Well	Hawa Eliya	300	1,800	540,000
Booster Pump Station	Gemunupura	110	1,800	198,000
Booster Pump Station	Naseby	50	1,940	97,000
Reservoir	Old Water Field	250	1,700	425,000
Reservoir	Pedro	170	1,500	255,000
Reservoir	Naseby Tea Estate (Low Area 2)	700	5,000	3,500,000
Reservoir	Unique View	140	5,000	700,000
Reservoir	Gemunupura	270	3,000	810,000
Reservoir	Vijithapura	150	5,000	750,000
用地取得費合計		<b>2,700</b>		<b>8,855,000</b>

### 電力受電契約及び引き込み費

位置	電力(kW)	契約費 (Rs.)	引き込み費用 (Rs.)	費用計 (Rs.)
Wells in Hawa Eliya	22	200,000	41,400	241,400
Wells in Golf Course	22	200,000	41,400	241,400
Wells in Hawa Eliya	16.5	200,000	41,400	241,400
Transmission Pump Station (Low Area 2)	90	675,000	41,400	716,400
Booster Pump Station (Gemunupura)	4.4	200,000	41,400	241,400
Booster Pump Station (Naseby)	7.4	200,000	41,400	241,400
Transmission Pump Station (Race Course)	170	675,000	41,400	716,400
電力費合計		<b>2,350,000</b>	<b>289,800</b>	<b>2,639,800</b>

Contract fee includes installation of transformer

### 故障メータ取替え費用

	数量	単価 (Rs.)	費用 (Rs.)
Meter Replacement	800	1,500	1,200,000

### (3) 積算条件

- 1) 積算時点： 平成 13 年 4 月
- 2) 為替交換レート： US\$1= 117.59 円  
Rs.1= 1.369 円
- 3) 施工期間： 2 期分けて実施する  
第 1 期建設期間 10.0 ヶ月  
第 2 期建設期間 12.0 ヶ月



表-3.37 電力費用

雨季におけるポンプ運転		流量 m3/day	水頭 m	ポンプ 台数	kW /pump	電力 kW	基本料金 Rs./月	使用料金 Rs./月	料金合計 Rs./月
送水増圧ポンプ									
	Uniqu View	718	75	1	11.5	11.5	230	56,309	56,539
	Gemunupura	119	35	1	1.3	1.3	30	6,595	6,625
	High Area 2 (Nasby)	468	30	1	3.5	3.5	30	17,291	17,321
地下水送水ポンプ									
	Haddon Hill	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gemunupura/Vijithapura	-	-	-	-	-	-	-	-
	Low Area 2	-	-	-	-	-	-	-	-
既存井戸ポンプ									
	Bonavista	-	-	-	-	-	-	-	-
	High Area 2 (Nasby)	-	-	-	-	-	-	-	-
新設井戸ポンプ									
	Race Course from Hawa Eliya	-	-	-	-	-	-	-	-
	Race Course from Hawa Eliya	-	-	-	-	-	-	-	-
	Race Course from Golf Course	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hawa Eliya from Hawa Eliya	-	-	-	-	-	-	-	-
雨季合計									80,485

乾季におけるポンプ運転		流量 m3/day	水頭 m	ポンプ 台数	kW /pump	電力 kW	基本料金 Rs./月	使用料金 Rs./月	料金合計 Rs./月
送水増圧ポンプ									
	Uniqu View	718	75	1	11.5	11.5	230	56,309	56,539
	Gemunupura	-	-	-	-	-	-	-	-
	High Area 2 (Nasby)	-	-	-	-	-	-	-	-
地下水送水ポンプ									
	Haddon Hill	3293	60	1	34.4	34.4	230	168,460	168,690
	Gemunupura/Vijithapura	583	75	1	10.1	10.1	230	49,454	49,684
	Low Area 2	1453	80	1	21.9	21.9	230	107,367	107,597
既存井戸ポンプ									
	Bonavista	193	60	1	3.1	3.1	30	15,280	15,310
	High Area 2 (Nasby)	468	80	1	7.8	7.8	30	38,425	38,455
新設井戸ポンプ									
	Race Course from Hawa Eliya	776	55	1	8.1	8.1	230	39,422	39,652
	Race Course from Hawa Eliya	776	50	1	7.3	7.3	230	35,838	36,068
	Race Course from Golf Course	776	30	4	4.4	17.6	30	86,012	86,042
	Hawa Eliya from Hawa Eliya	727	30	3	4.1	12.3	30	60,436	60,466
乾期合計									658,502

上表に示す雨期および乾期の料金、およびその他電力料金（付帯照明設備等）を 20%加算すると、総電力料金は表-3.38 の通りとなる。

表-3.38 電力費一覧

項目	電力単価 (Rs./月)	継続期間 (月)	電力費 (Rs.)
ポンプ電力 (雨期)	80,485	7 ヶ月	563,000
ポンプ電力 (乾期)	658,502	5 ヶ月	3,293,000
ポンプ電力 (合計)			3,856,000
その他	(ポンプ電力の 20%とすると)		771,000
年間総電力費			4,627,000

### 3-5-2-3 薬品費

薬品費としては、消毒用薬品のみである。消毒剤として次亜塩素酸カルシウム（さらし粉）を使用し、塩素注入率を 2ppm とすると、注入次亜塩素酸カルシウム消費量は下記の通り計算できる。

フェーズ 1 における日平均水需要 = 8,506 m<sup>3</sup>/日

塩素注入率 = 2mg/l

Cl<sub>2</sub> 含有量 = 60%

よって、日平均注入量 = 8,506 (m<sup>3</sup>/日) × 2 (mg/l) × 1/0.6 × 1/1000 = 28.4 kg/日

年間注入量は、10,366 kg/年となる。現在水道局が購入しているさらし粉は、Rs.1,850/50kg であるので、単価は Rs.37/kg である。よって、年間の薬品費は、約 400,000Rs.となる。

### 3-5-2-4 その他経費

その他の経費として、メータ補修、漏水箇所補修、機器類スペア-パーツの購入費用等が考えられる。これらの経費は、機器類コスト(ポンプ類等計約 40,000,000 円)の 1%/月と予測されている。年額にして、約 3,514,000Rs.となる。

### 3-5-2-5 運営・維持管理費合計

これまで述べてきた運営・維持管理費の合計は表-3.39 の通りである。

表-3.39 運営・維持管理費用合計

項目	費用 (Rs./年)
人件費	4,212,000
電力費	4,627,000
薬品費	400,000
その他経費	3,514,000
運営・維持管理費合計	12,753,000

### 3-5-2-6 水道料金収入

水道料金の平均額を総水使用量及び総料金収入より求めることができる。表-3.40 に過去 3 年間の水使用量および請求料金を示す。

表-3.40 過去 3 年間の水使用量と水道料金

	1997年		1998年		1999年	
	水使用量 (m <sup>3</sup> /month)	請求料金 (Rs./month)	水使用量 (m <sup>3</sup> /month)	請求料金 (Rs./month)	水使用量 (m <sup>3</sup> /month)	請求料金 (Rs./month)
Jan.	105,212	273,394	168,071	1,035,184	124,127	896,634
Feb	90,650	230,130	122,199	650,189	121,255	826,643
Mar	86,345	219,423	109,333	804,702	126,473	822,266
Apr	85,650	222,331	91,744	645,100	115,379	780,052
May	104,046	256,325	119,953	844,799	129,167	899,367
Jun	108,008	271,570	134,337	1,016,235	127,236	904,718
Jul	110,474	278,415	148,622	1,049,458	128,587	891,365
Aug	111,612	288,755	141,307	1,068,822	114,017	819,816
Sep	131,355	332,031	137,011	1,069,671	120,107	866,021
Oct	109,074	275,523	127,188	945,964	116,443	811,563
Nov	102,968	260,034	119,785	866,845	123,038	877,586
Dec	137,342	328,099	131,419	1,012,496	122,957	873,894
<b>Total</b>	<b>1,282,736</b>	<b>3,236,028</b>	<b>1,550,969</b>	<b>11,009,462</b>	<b>1,468,786</b>	<b>10,269,923</b>

1998 年に料金改正が行われたために、1998 年から請求料金は急増している。よって、平均水道料金を現行の水道料金が設定された 1998 年及び 1999 年の平均値から求める。

表-3.41 平均水道料金

年	水使用量 (m <sup>3</sup> /年)	請求料金 (Rs.)	平均水道料金 (Rs./m <sup>3</sup> )
1998 年	1,550,969	11,009,462	7.1
1999 年	1,468,786	10,269,923	7.0
平均	1,509,878	10,639,693	7.1

目標年度である 2005 年の日平均水需要は 8,506m<sup>3</sup>/日であるので、水道料金の改定を行わないことを前提とすると、これに平均水道料金 Rs.7.1 を乗じて、総請求料金は、22,043,300 Rs./年となる。しかし、実際は料金未徴収分があり、この未徴収率を 14.4% (1997 年の実績) とすると、実質的な水道局の料金収入は Rs. 18,869,100/年となる。

### 3-5-2-7 運営・維持管理費および水道料金収入

これまで述べてきた、水道料金収入及び、運営・維持管理費を総括すると表-3.42 の通りとなり、水道料金で本プロジェクト実施後の運営・維持管理費用が賄われることとなる。

表-3.42 料金収入及び運営・維持管理費総括

項目	金額 (Rs./年)
水道料金収入	18,869,100
運営・維持管理費	12,753,000
収支	6,116,100

ヌワラ・エリヤ市の水道局の会計は市の一般会計から独立しておらず、上表に示すような余剰金が出た場合は、市の一般会計組み込まれることになる。しかし、コストリカバリー概念を導入し、効率の高い事業経営を進め、市民のために安定し、信頼性の高い水道を実現しようとするためには、水道事業を一般会計から切り離し、独立採算制への移行が望まれる。

### 3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

本プロジェクトの実施にあたり、もっとも重要なことは必要な用地の取得である。井戸の建設予定地であるゴルフコースにおいては、ゴルフコースを管轄している UDA 並びにコースを運営しているゴルフクラブより、井戸建設について書面にて了解を得ている。他の、ポンプ場並びに配水池予定地については、基本設計調査の段階で、用地取得は進行しているものの、一部 (Low Area 2 及び Vijithapura 配水池) 用地取得が完了していないが、2001 年 6 月の時点で、スリ・ランカ側は実施設計が開始される以前の 2001 年 11 月までに、すべての用地取得が完了するとしている。

本基本設計において、効率的な水道事業運営のために新しい組織を提案している。本プロジェクトによって完成した施設を適切に、効率的に運営するために、ヌワラ・エリヤ市役所は効率的な組織への改善の努力が必要である。

環境負荷軽減のためにスリ・ランカ国側が 3-3-4 に示した対策を確実に実施していくことが不可欠である。この中でも汚濁負荷の大きいビール工場廃水が適切に処理されて公共用水域に排出されることが重要である。スリ・ランカの環境行政を管掌している中央環境局

(Central Environmental Authority, CEA) 並びに、ヌワラ・エリヤ市によって廃水水質のモニタリングが適切に継続して実施される必要がある。なお、本プロジェクトによる汚濁負荷増加量がスリ・ランカ国側の対策により相殺されるが、ヌワラ・エリヤ地域の未処理下水による環境汚染の進行は、根本的な解決が望まれる問題である。

井戸建設にあたっては、現地の地質上激しい崩落が予想され、困難であることが判明している。よって、適切な補孔対策を含む工法が慎重に選定される必要がある。

キャンディー、ヌワラ・エリヤ間の道路改修計画（JBIC 融資プロジェクト）が進行中であるが、本プロジェクトのゴルフコースからの送水管路が一部レースコース沿いにおいて、ルートが重複している。よって、詳細設計の段階で道路改修計画と本プロジェクトの工期を確認の上、道路改修の開始が送水管敷設工事の完工より遅ければ現行計画のルートを採用することとし、そうでない場合は、必要があれば管路をレースコースの敷地内に敷設することが必要となる。しかし、変更があった場合でもこれは軽微な変更であり、レースコース敷地内での管路敷設は既にヌワラ・エリヤ市が了解している。